Automatismos industriales

Juan Carlos Martín, María Pilar García

ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

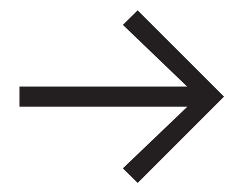


Automatismos industriales

Juan Carlos Martín Castillo - María Pilar García García







Redacción y selección de contenidos: Juan Carlos Martín Castillo y María Pilar García García

Edición: Javier Ablanque

Diseño de cubierta: Paso de Zebra

Fotocomposición, maquetación y realización de gráficos: J.B. Estudio Gráfico y Editorial, S.L.

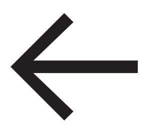
Fotografías: ABB, AGE FOTOSTOCK, AFIMES, ALLEN BRADLEY, AUTOR, BERNSTEIN, BÖLLHOFF, BOSCH, CIRCUITOR, MERLIN GERIN, FEGEMU Y GREIN, FEIN, FESTO, FLUKE, FUSSCHALTER FD, JUPITER IMAGES, LEGRAND, LEUZE ELECTRONIC, PHOENIX CONTACT, PILZ, SCHEMERSAL, SCHNEIDER ELECTRIC, SEMIKRON, SIEMENS, STI, TELEMECANIQUE, TERASAKI y archivo Editex

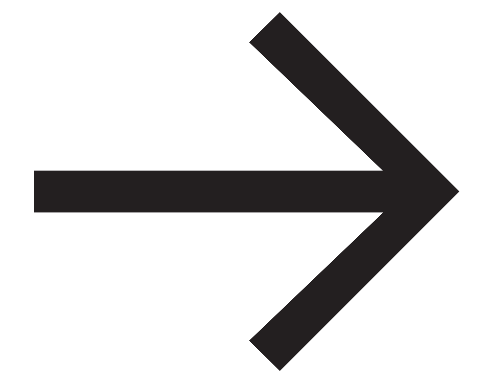
Dibujos: Ángel Ovejero, autor, J.B. Estudio Gráfico y Editorial, S. L. y FER Fotocomposición, S. A.

Preimpresión: José Ciria

Producción editorial: Francisco Antón

Dirección editorial: Carlos Rodríguez





El presente material didáctico ha sido creado por iniciativa y bajo la coordinación de **Editorial Editex, S. A.**, conforme a su propio proyecto editorial.

Vía Dos Castillas, 33. C.E. Ática 7, edificio 3, planta 3ª, oficina B
28224 Pozuelo de Alarcón (Madrid)
ISBN: 978-84-9771-534-8
ISBN eBook: 978-84-9771-610-9
Depósito Legal: M-10511-2009
Powered by Publidisa

ÍNDICE



→

CÓMO SE USA ESTE LIBRO

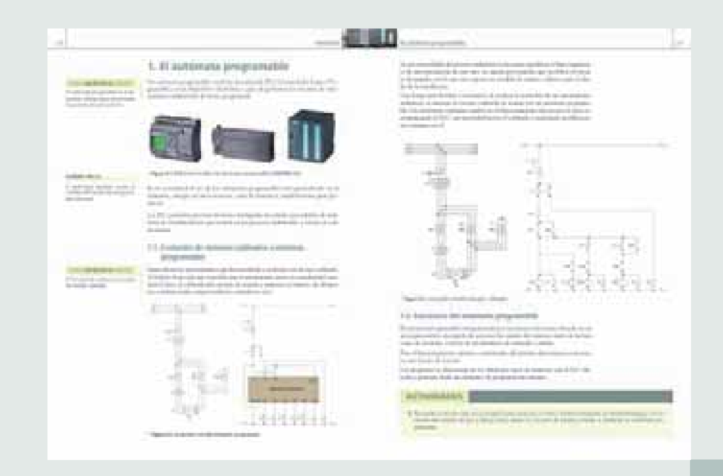
Cada unidad de este libro comienza con un **caso práctico inicial,** que plantea una situación relacionada con el ejercicio profesional y vinculado con el contenido de la unidad de trabajo. Pretende que comprendas la utilidad de lo que vas a aprender. Consta de una situación de partida y de un estudio del caso, que o bien lo resuelve o da pistas para su análisis a lo largo de la unidad. El caso práctico inicial se convierte en **eje vertebrador de la unidad** ya que se incluirán llamadas que hagan referencia a ese caso concreto, a lo largo del desarrollo de los contenidos.



El desarrollo de los contenidos aparece acompañado de numerosas ilustraciones, seleccionadas de entre los equipos y herramientas más frecuentes que te vas a encontrar al realizar tu trabajo.

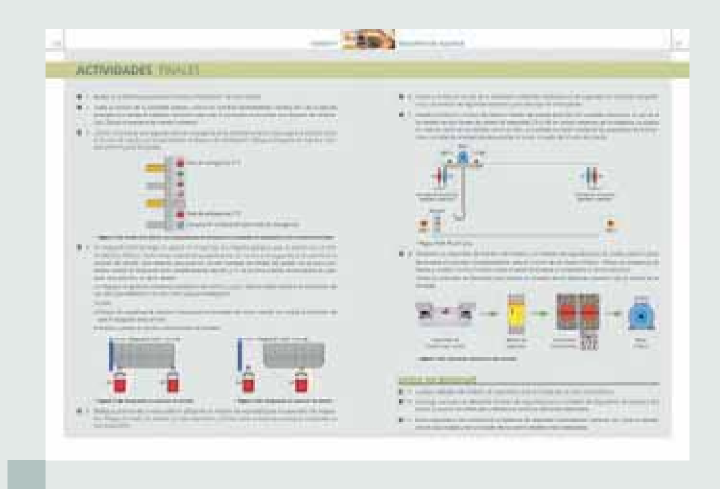
En los márgenes aparecen textos que amplían la información, vocabulario, conexión con conocimientos anteriores para profundizar en los conocimientos expuestos y llamadas al caso práctico inicial.

A lo largo del texto se incorporan **actividades** propuestas y **ejemplos,** actividades de carácter práctico que ayudan a asimilar los conceptos tratados.



A continuación, te proponemos una serie de **actividades finales** para que apliques los conocimientos adquiridos y, a su vez, te sirvan como repaso.

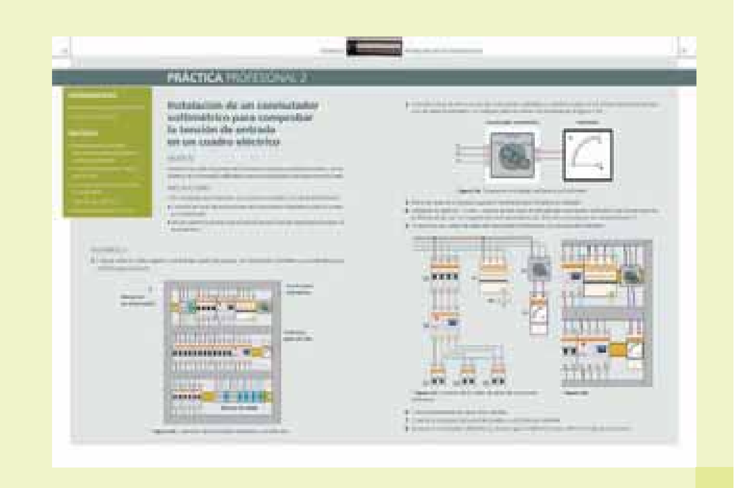
Además, en esta sección, se incluyen en el apartado **entra en Internet** una serie de actividades para cuya resolución es necesario consultar diversas páginas web sobre componentes y equipos.



automatismos industriales

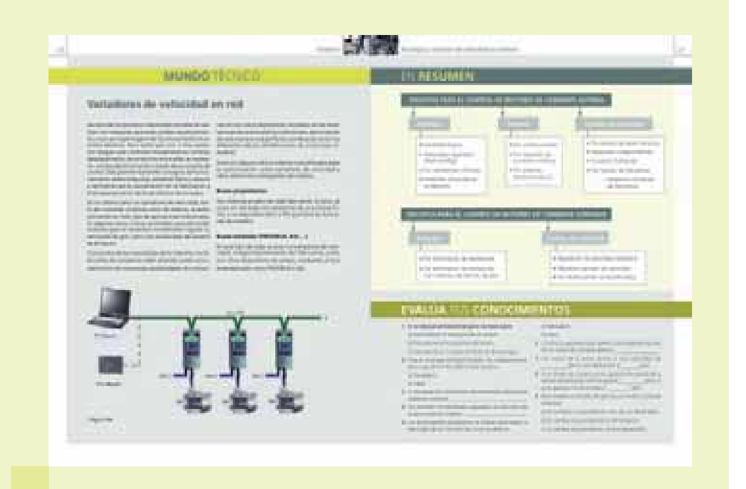
En la sección **práctica profesional** se plantea el desarrollo de un caso práctico, en el que se describen las operaciones que se realizan, se detallan las herramientas y el material necesario, y se incluyen fotografías que ilustran los pasos a seguir.

Estas prácticas profesionales representan los resultados de aprendizaje que debes alcanzar al terminar tu módulo formativo.



La sección **mundo técnico** versa sobre información técnica de este sector y vinculada a la unidad. Es importante conocer las últimas innovaciones existentes en el mercado y disponer de ejemplos en la vida real de las aplicaciones de los contenidos tratados en la unidad.

La unidad finaliza con el apartado **en resumen,** mapa conceptual con los conceptos esenciales de la unidad y el apartado **evalúa tus conocimientos:** batería de preguntas que te permitirán comprobar el nivel de conocimientos adquiridos tras el estudio de la unidad.



Al final del libro se incorpora un **anexo** sobre las recomendaciones a tener en cuenta en materia de seguridad, simbología normalizada y localización de averías en automatismos industriales.

En la última página del libro se aportan las **soluciones** a las cuestiones planteadas en la sección **evalúa tus conocimientos.**



1 Envolventes y cuadros eléctricos



vamos a conocer...

1. Clasificación de las envolventes
2. Aspectos constructivos
3. Elementos de cableado y conexión
4. Elementos para la climatización
5. Elementos auxiliares
6. Compartimentación
7. Entrada de cables
8. Consideraciones técnicas de montaje e instalación para evitar las perturbaciones electromagnéticas

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Preparación de un mazo de cables

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Engastado de terminales de gran sección

MUNDO TÉCNICO

Grados de protección IP

y al finalizar..

- Conocerás qué son las envolventes eléctricas y los elementos que las constituyen.
- Entenderás cuál es la clasificación de los cuadros eléctricos en una instalación.
- Conocerás cuáles son los sistemas habituales de cableado en los cuadros eléctricos.
- Serás capaz de indentificar los grados de protección de una envolvente.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

A un instalador eléctrico se le ha encargado realizar y poner en marcha la instalación eléctrica de un taller de reparación de vehículos. Dicha instalación estará formada por numerosas canalizaciones que unen cada uno de los cuadros eléctricos encargados de distribuir la energía y controlar la maquinaria utilizada por los operarios para el desarrollo de la actividad diaria del taller.

Las envolventes utilizadas para alojar la aparamenta eléctrica, tanto de distribución como de automatismos, deben adaptarse los diferentes ambientes del taller (túnel de lavado, sala de pintura, elevadores de vehículos, etc.) y por tanto, cumplir la normativa vigente para cada tipo de instalación y exigir de ellas las máximas garantías seguridad, tanto para las personas como para las infraestructuras.

Todos estos requisitos obligan al instalador electricista a conocer de forma exhaustiva cada uno de los elementos (mecánicos, de cableado interno, aparamenta, ambientales, conexión con canalizaciones, etc.) que configuran y constituyen los cuadros eléctricos. Además de la correcta configuración y distribución de los mismos en la instalación, según los ambientes en los que se vayan a ubicar y la función que se la ha destinado.

En este caso, el manejo de catálogos, normativa y fichas técnicas, es vital para la correcta elección de los elementos que constituyen los cuadros eléctricos.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Para qué crees que sirve un cuadro eléctrico?
2. ¿Qué diferencias crees que pueden existir entre los cuadros eléctricos de una vivienda y los montados en ambiente industrial?
3. ¿Cuáles son las aplicaciones típicas de los cuadros eléctricos?
4. ¿Qué utilidad tiene la placa del fondo de un armario eléctrico?
5. ¿Qué relación existe entre la armadura y el revestimiento de un cuadro eléctrico?
6. ¿Para qué se utiliza un bornero (conjunto de bornes)?
7. Explica el concepto de compartimentación de un cuadro eléctrico.
8. ¿Crees que tiene alguna importancia que un cuadro eléctrico esté bien climatizado?
9. Nombra los elementos característicos utilizados para la entrada de cables en los cuadros eléctricos.



1. Clasificación de las envolventes

La clasificación de las envolventes puede realizarse de varias formas, atendiendo a su material constructivo, a su montaje funcional y a la aplicación a la que va destinada.

1.1. El material constructivo

Según el material utilizado en su construcción, se pueden distinguir dos tipos de cuadros:

a) **Metálicos.** Construidos en chapa de acero soldada. Se presentan en forma de cofre estanco o como armarios de fijación mural o apoyados en el suelo.

b) **Aislantes.** Construidos de poliéster con fibra de vidrio. Suelen ser tipo cofre o armarios de fijación mural bien empotrada o en superficie.

1.2. Montaje funcional

Actualmente las envolventes están basadas en sistemas funcionales de montaje. Esto consiste en formar el cuadro, o el armario, con múltiples módulos individuales denominados **unidades funcionales.**

Según este criterio se pueden clasificar en:

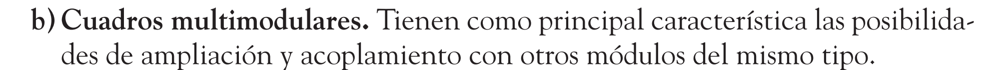


↑ **Figura 1.1.** Cuadro modular (SIEMENS AG).



a) **Cuadros monomodulares.** Son aquellos que se presentan como una sola unidad funcional sin posibilidades de expansión, tanto interna como externamente.

No es aconsejable su utilización en sectores con habituales cambios en su instalación eléctrica.

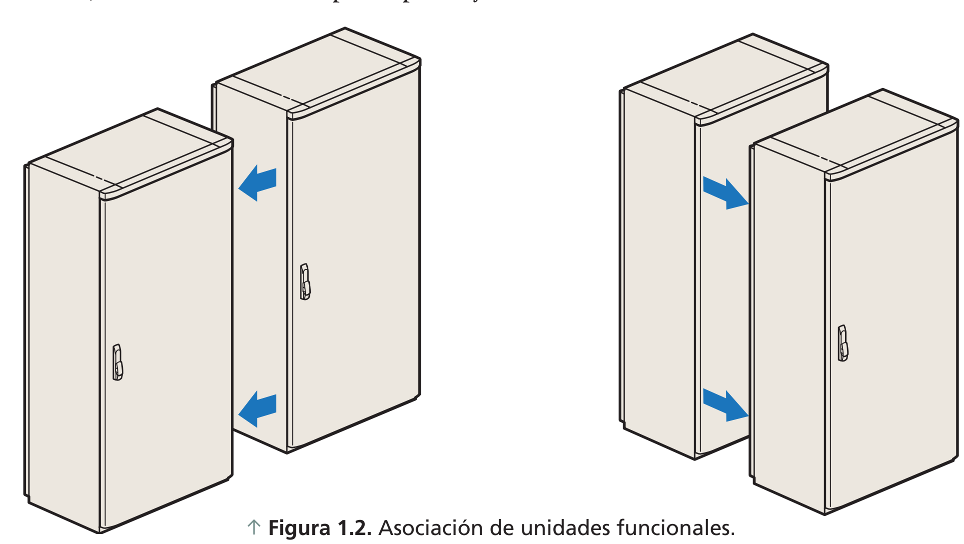


b) **Cuadros multimodulares.** Tienen como principal característica las posibilidades de ampliación y acoplamiento con otros módulos del mismo tipo.

Como ya se ha dicho anteriormente, a cada módulo del conjunto se le denomina unidad funcional.

La unión entre las diferentes unidades funcionales se realiza con un mecanizado mínimo.

Es interesante prever la restitución de unidades funcionales completas del cuadro, aun con el circuito principal bajo tensión.



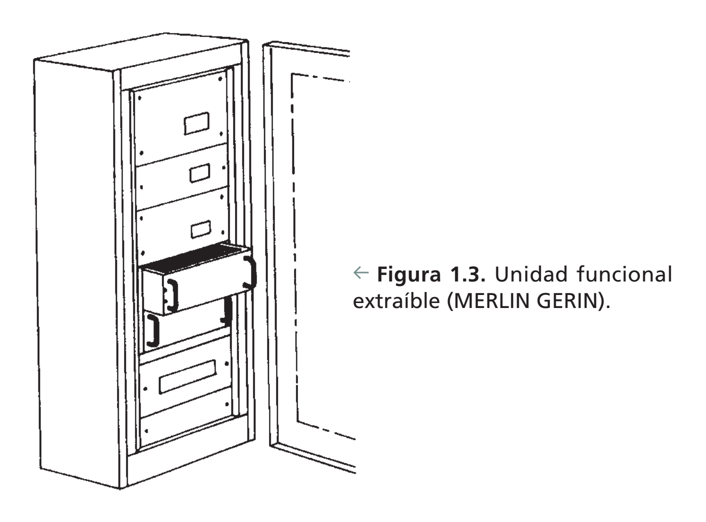
↑ **Figura 1.2.** Asociación de unidades funcionales.

c) **Cuadros enchufables.** Son aquellos que utilizan unidades funcionales extraíbles. Estas pueden ser conectadas y desconectadas con facilidad del cuadro principal, incluso con tensión. Se utilizan en sectores que necesitan la reposición inmediata de sus elementos para continuar en servicio.

La integración, en el conjunto, se realiza de forma directa presionando la parte enchufable sobre el hueco del armario.

saber más

Las unidades funcionales extraibles suelen recibir el nombre de *rack*, y se utilizan para alojar dispositivos electrónicos e informáticos.



← **Figura 1.3.** Unidad funcional extraíble (MERLIN GERIN).

1.3. La aplicación

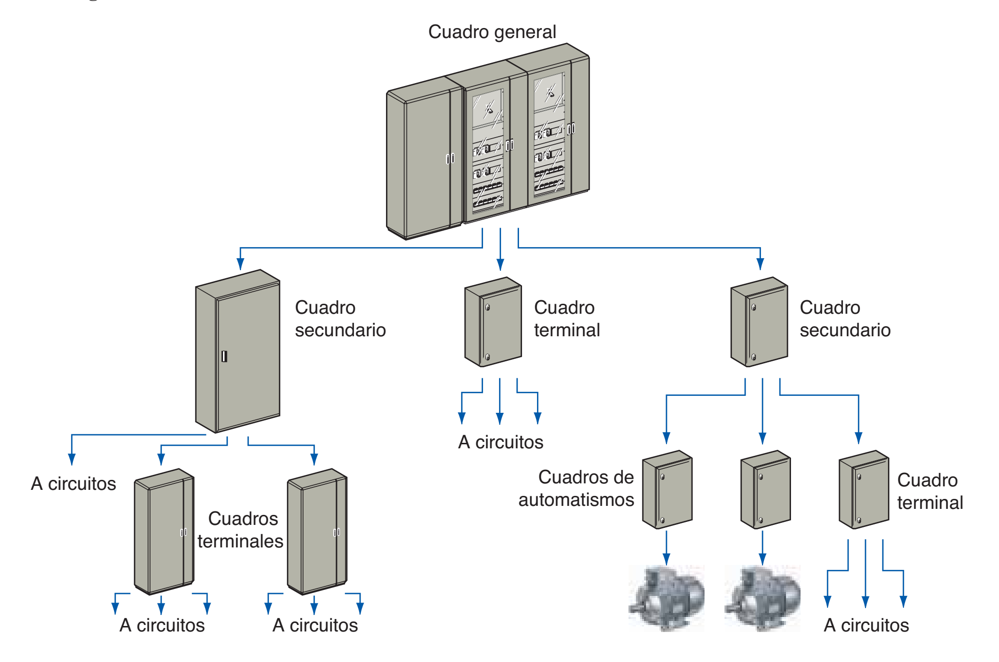
Según la aplicación que se le destine a los envolventes se pueden clasificar en dos grupos: cuadros de distribución y cuadros de automatismos.

caso práctico inicial

Estas son algunas de las aplicaciones que se pueden dar a los cuadros del taller de reparación del caso práctico.

Cuadros de distribución

Son los encargados de alojar los elementos de protección y distribución de las instalaciones eléctricas, tanto domésticas como industriales. Su instalación puede hacerse a diferentes niveles en un determinado sector: como cuadro de distribución general, como cuadro secundario o como cuadro terminal.



← **Figura 1.4.** Tipología de una instalación de cuadros eléctricos.



Cubrebornes y cajas de abonado

Se utilizan en instalaciones de baja potencia para alojar interruptores o protecciones de equipos domésticos y pequeñas máquinas. Pueden instalarse en superficie o empotrados. En este tipo de cuadros el número de módulos admisible no es elevado, permitiendo de 1 a 24 pasos. Los modelos modulares poseen un sistema de fijación entre cajas que permite su ampliación en altura y anchura.



↑ **Figura 1.5.** Cubre bornes y cajas de abonado (SIEMENS AG).

saber más

Para facilitar su elección e instalación, los fabricantes suelen representar en los catálogos las dimensiones de las tres vistas (planta, alzado y perfil) de sus cuadros eléctricos.

↑ **Figura 1.6.** Vistas de un cuadro eléctrico.

Armarios

De uso en instalaciones del sector terciario e industriales, se sitúa, generalmente, sobre el suelo.

Pueden estar instalados como cuadros generales, secundarios o terminales.

Cuadros de máquina o automatismos

Generalmente son de tipo terminal y alojan los elementos de maniobra y protección necesarios para el funcionamiento de la máquina.



↑ **Figura 1.7.** Cofres para automatismos (SIEMENS AG).

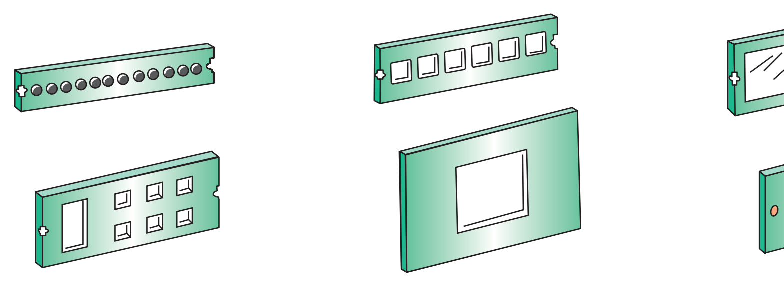
2. Aspectos constructivos

Todas las envolventes están constituidas por los elementos de tipo genérico que son descritos a continuación:

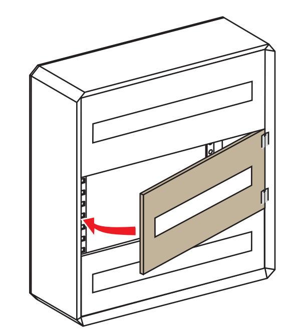
2.1. Tapas

Las tapas tienen como misión ocultar las conexiones eléctricas del interior y dejar al descubierto los elementos de acción, para que el operario pueda maniobrar sobre ellos.

Pueden ser de material plástico o metálicas.



↑ **Figura 1.8.** Diferentes tipos de tapas (MERLIN GERIN).

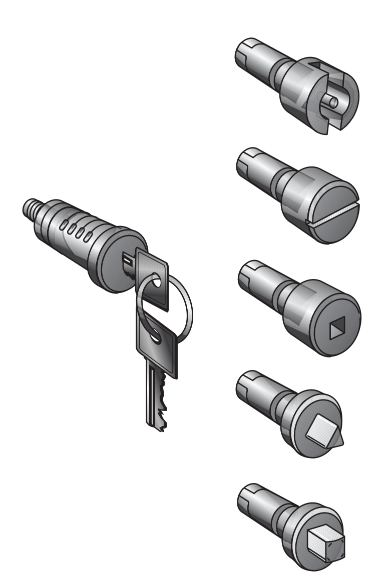


↑ **Figura 1.9.** Colocación de una tapa en un cuadro eléctrico.

2.2. Puertas

Las puertas sirven para cerrar el armario, evitando el acceso de personas no autorizadas a los aparatos eléctricos del interior. La existencia de elementos de indicación óptica internos, pilotos, aparatos de medida, lámparas, etc., exige utilizar puertas de tipo transparente.

A todas las puertas se les puede acoplar una cerradura.

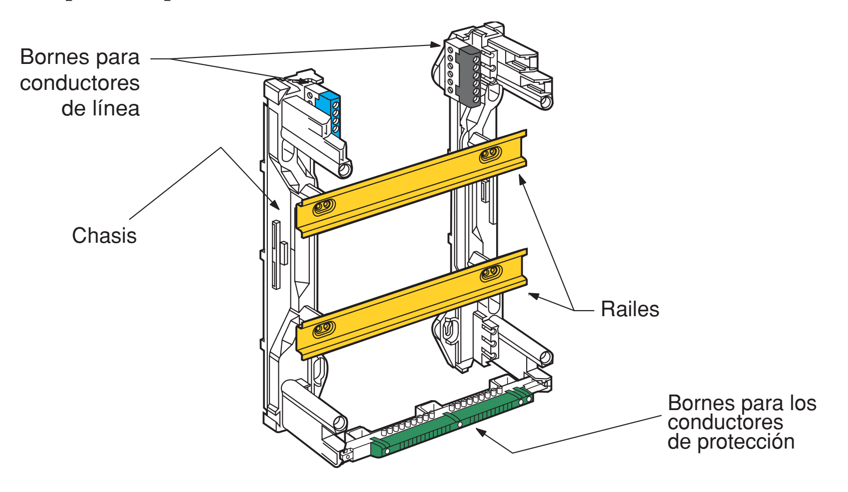


↑ **Figura 1.10.** Diferentes tipos de cierres para las puertas de los cuadros eléctricos.

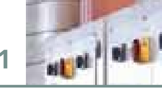
2.3. Chasis

El chasis es la parte metálica de los cuadros donde se fijan los aparatos eléctricos. Puede ser fijo o extraíble, siendo este último el que más flexibilidad aporta a los trabajos de montaje, permitiendo realizar los trabajos eléctricos de forma independiente a los relacionados con su fijación mural.

En algunas envolventes el chasis puede ser regulado a diferentes niveles de profundidad, para adaptarlo a las necesidades de la instalación.



← **Figura 1.11.** Chasis (LEGRAND).

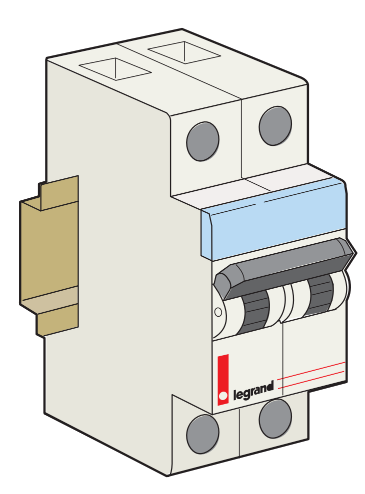


2.4. Perfiles

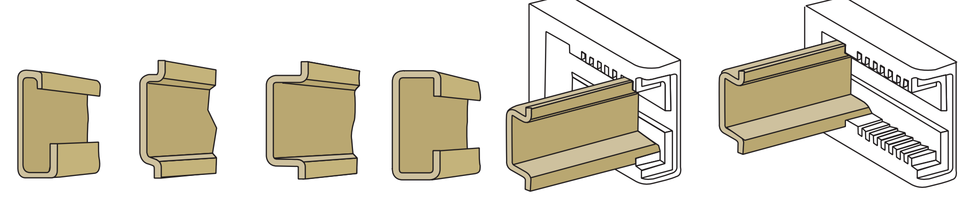
El perfil o carril es una pletina doblada que se utiliza para la fijación elementos en cuadros eléctricos. Se fija en el fondo del armario, o en el chasis, con remaches, tornillos o piezas especiales.

La gama de aparatos que pueden ser situados sobre perfil es muy amplia: interruptores de protección, de maniobra, aparatos de medida, regletas, etc.

La figura 1.13 muestra los diferentes tipos de perfiles que se pueden encontrar en el mercado.



↑ **Figura 1.12.** Detalle de aparato eléctrico fijado sobre perfil.

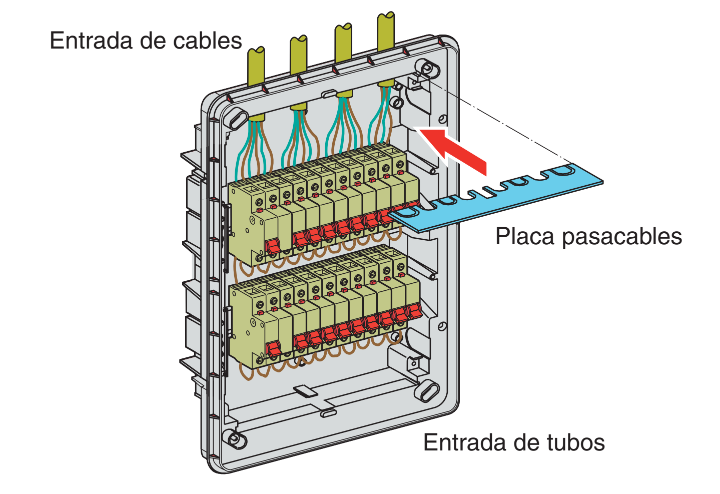


↑ **Figura 1.13.** Perfiles.

2.5. Placas pasacables

Situadas en la parte superior e inferior del cuadro, permiten adaptar fácilmente la entrada de tubos y canaletas de diferentes tamaños.

Estas pueden ser extraíbles permitiendo su mecanizado fuera del cuadro.



→ **Figura 1.14.** Placa pasacables (MERLIN GERIN).

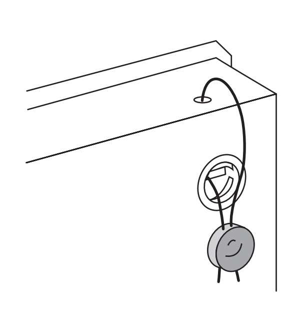
2.6. Precintos

Se utilizan para el sellado de tapas y puertas cuando es necesario restringir el acceso al interior del cuadro.

El precintado se realiza en los tornillos que sujetan las tapas o en las esquinas opuestas de las puertas.

saber más

El precintado lo realizan generalmente las compañías distruibuidoras de energía, para evitar que los usuarios de las instalaciones accedan a los elementos limitadores y lectores de consumo.



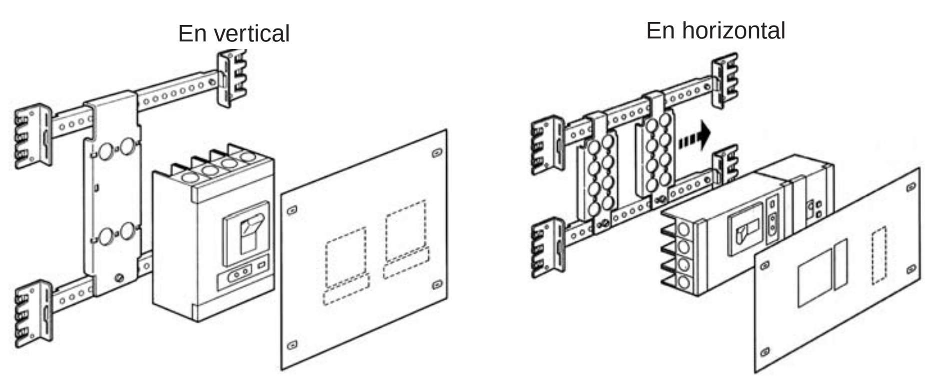
↑ **Figura 1.15.** Precinto.

2.7. Obturadores

Los obturadores son elementos que permiten tapar los huecos libres de la tapa, una vez que se han instalado todos los aparatos eléctricos en su interior. De esta forma no solo se consigue un buen efecto estético, sino que se evita la introducción de objetos y polvo aumentando el grado de protección IP.

2.8. Elemento de fijación para interruptores de caja moldeada

Cuando la instalación exige la utilización de interruptores de alta potencia en caja moldeada, estos deben ser fijados al chasis del cuadro por piezas especiales que entrega el propio fabricante. Actualmente todos los armarios industriales tienen previsto la incorporación de este tipo de interruptores.

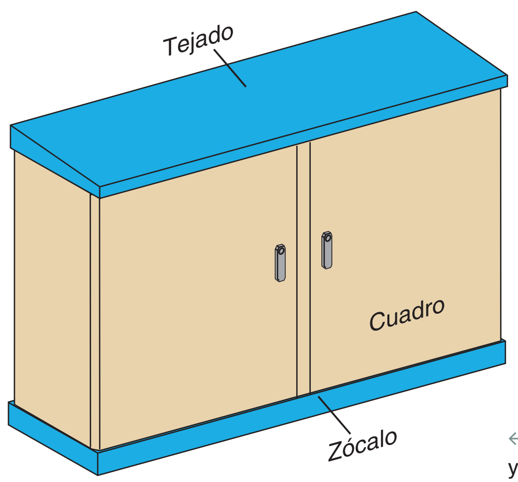


↑ **Figura 1.16.** Fijación de interruptores de caja moldeada (LEGRAND).

2.9. Tejado

Es un elemento metálico, de forma inclinada, que lo cubre por completo y que evita la entrada de agua de forma vertical.

El tejado es obligatorio siempre que el cuadro se encuentre instalado en el exterior.



← **Figura 1.18.** Armario eléctrico con tejado y zócalo. (MERLIN GERIN).

2.10. Zócalo

Permite elevar el armario unos centímetros sobre el suelo. Generalmente se utiliza en cuadros tipo cofre, de instalación mural, para apoyarlos directamente sobre el suelo.

2.11. Placas

Las placas son utilizadas como fondo en armarios tipo cofre para alojar elementos de automatismos, tanto cableados como programados.

saber más

Los interruptores de caja moldeada son elementos de protección de tipo magnetotérmico con un gran poder de corte. Se construyen en cajas de gran tamaño, por lo que necesitan soportes especiales para su instalación.



↑ **Figura 1.17.** Interruptor de caja moldeada.

saber más

El tejado y el zócalo pueden servir como elementos para la gestión térmica del cuadro por convección natural.

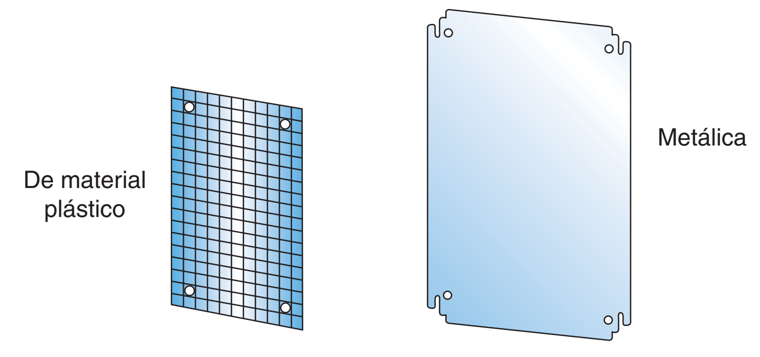


caso **práctico** inicial

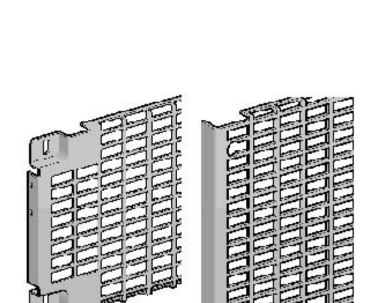
En el fondo se fijan todos los dispositivos eléctricos que no deben estar accesibles desde el exterior

En el mercado existen varios tipos de placas para la fijación de elementos y canalizaciones:

1. **Placa lisa.** De material plástico o metálica. Necesita mecanizado para la fijación de los elementos que intervienen en la composición del cuadro.

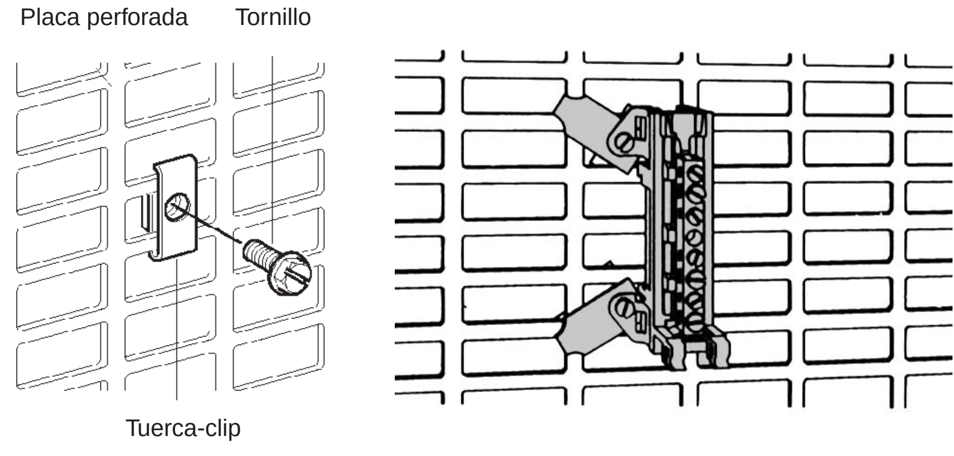


↑ **Figura 1.19.** Placa de fondo liso (LEGRAND).

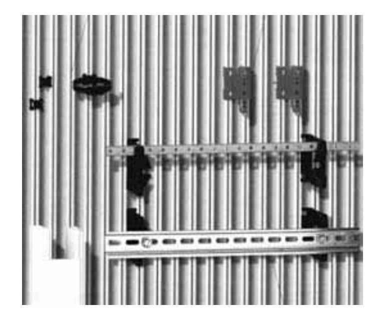


↑ **Figura 1.20.** Detalle de placa perforada.

2. **Placa perforada.** Es una placa soporte, de una sola pieza, que no necesita mecanizado. Permite el montaje rápido de los aparatos eléctricos, con unos accesorios llamados tuercas-clip.



↑ **Figura 1.21.** Placa perforada y tuerca-clip (MERLIN GERIN).



↑ **Figura 1.22.** Fondo activo de la firma LEGRAND.

3. **Fondo específico de fabricante.** Algunos fabricantes aportan soluciones propias para que el trabajo sobre el fondo del cuadro sea lo más cómodo y ergonómico posible. En estos casos el diseño del fondo es exclusivo y permite la fijación, de forma sencilla, del aparellaje de la propia marca.

2.12. Armadura

caso **práctico** inicial

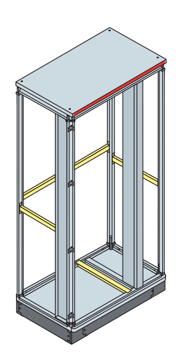
Sobre la armadura se fija el revestimiento del cuadro eléctrico

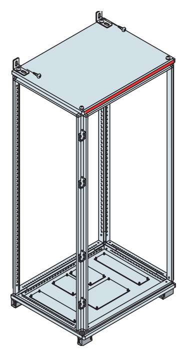
La armadura de los grandes armarios ha de tener una gran resistencia mecánica para soportar las condiciones más agresivas. Es aconsejable que esta sea desmontable para facilitar su instalación y transporte. Además debe permitir fijar el chasis, para la sujeción de los elementos eléctricos, sin necesidad de colocar las paredes y tapas. De esta forma, el revestimiento se realiza una vez terminados todos los trabajos eléctricos y de mecanizado.

Algunos fabricantes, han previsto la unión de varias armaduras en ancho o en profundidad, para ampliar el volumen del armario.



Los grandes armarios pueden ser desmontados completamente para su transporte y cambio de sector. Todas las partes de la armadura y el revestimiento se pueden separar individualmente.





↑ **Figura 1.23.** Armaduras (ABB).

saber más

La colocación de dos o más cáncamos sobre la estructura facilita las tareas de transporte cuando el cuadro está montado.



↑ **Figura 1.24.** Cáncamos de elevación.

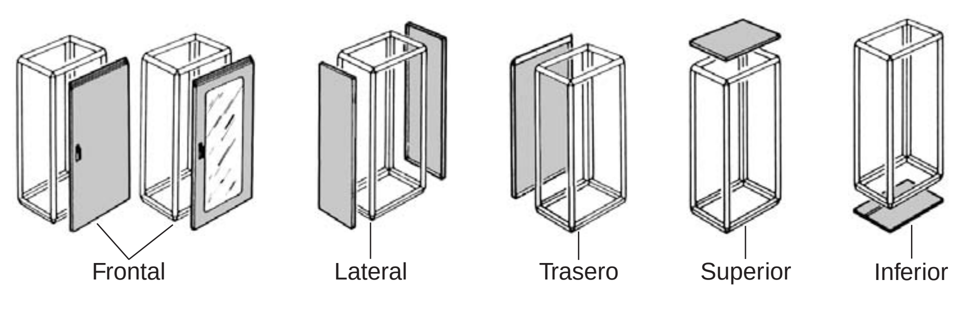
2.13. Revestimiento

Está formado por los diferentes paneles, metálicos o de material plástico, que cubren la armadura del cuadro. Pueden ser fijos o abatibles. Los primeros se atornillan directamente a la estructura y necesitan herramientas para su colocación. Los segundos poseen un sistema de anclajes y bisagras que permite su retirada, de forma sencilla, para operaciones de mantenimiento en el interior.

El grado de protección, IP-IK, dependerá directamente del tipo de revestimiento.

saber más

Para conocer qué es el grado de protección IP-IK, consulta las páginas finales de esta unidad.



← **Figura 1.25.** Revestimiento de un armario (MERLIN GERIN).

2.14. Soportes para la fijación mural

En cuadros de poco peso, la fijación mural se realiza por inserción de tornillos en los orificios del fondo destinados a tal fin.

Cuando el peso del cuadro es elevado, la fijación se realiza por soportes especiales que el fabricante suministra. Estos se atornillan a la pared antes de colgar el cuadro.

ACTIVIDADES

1. Fíjate en tres cuadros eléctricos de tu entorno (vivienda, aula-taller, pasillos del centro en el que estudias, la calle, etc.) y anota en tu cuaderno de trabajo lo siguiente:

a) La ubicación en la que se encuentra.

b) El tipo de material constructivo de la envolvente.

c) El tipo de montaje funcional.

d) La posible aplicación del mismo (es pronto para que lo sepas, pero intenta deducirlo).

e) Nombra algún detalle que te haya llamado la atención sobre su aspecto constructivo y elementos auxiliares.



3. Elementos de cableado y conexión

caso práctico inicial

Los borneros se utilizan para alimentar lo diferentes receptores de potencia del taller de reparación y todos los dispositivos de actuación y captación que se encuentran fuera de las envolventes

Los elementos para el cableado y conexión permiten realizar la unión eléctrica entre los aparatos eléctricos del interior del cuadro y los situados en el exterior.

3.1. Regletero

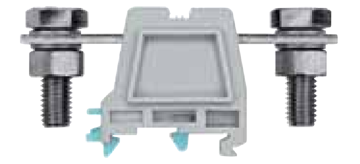
Es la parte del cuadro donde se encuentran las regletas o bornes de conexión. Se fijan en perfiles normalizados con pestañas tipo clip. La conexión de los cables es lateral y su fijación se realiza desde la parte superior con los tornillos de apriete.

Su composición se realiza por bloques de bornes unidas lateralmente, separadas por tabiques aislantes que facilitan su identificación. El atornillado de topes de fijación en los extremos evita el desplazamiento lateral de los elementos del regletero. Una pieza terminal, de material aislante, situada en uno de los laterales, evita el contacto directo con zona conductora de la última borna.

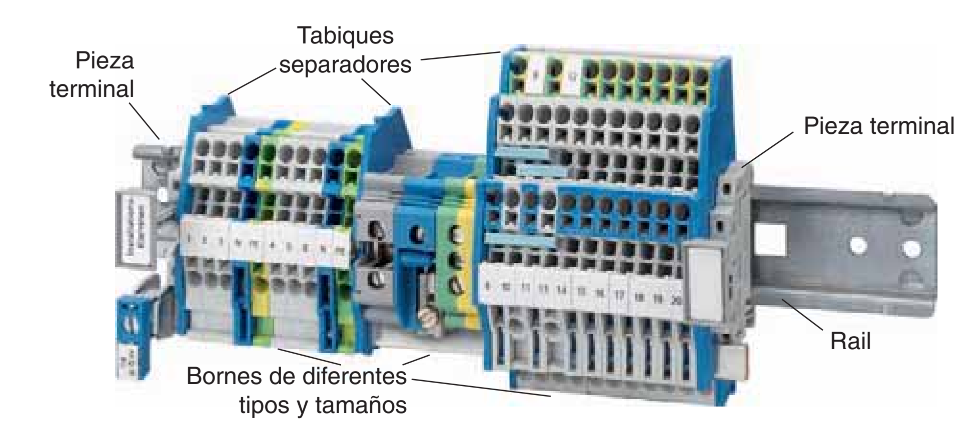
La elección del color se hace en función del tipo de conductor: azul para el neutro y verde-amarillo para el conductor de protección.

saber más

Los conductores de gran sección requieren bornes de dimensiones adecuadas como los de la figura.



↑ **Figura 1.26.**

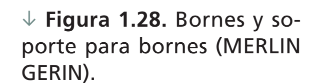


→ **Figura 1.27.** Regletero (SIEMENS AG).

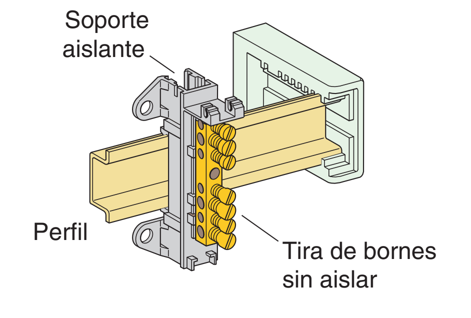
3.2. Tiras de bornes

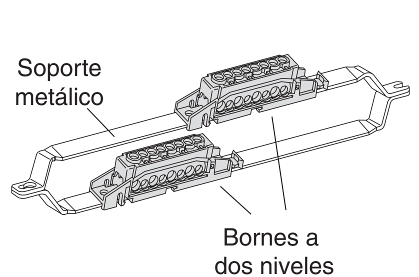
Los conductores de neutro y protección pueden tener bornes con múltiples agujeros para conectar a ellos cables de diferentes secciones. Generalmente se presentan sin aislar, aunque es posible la colocación de una tapa protectora.

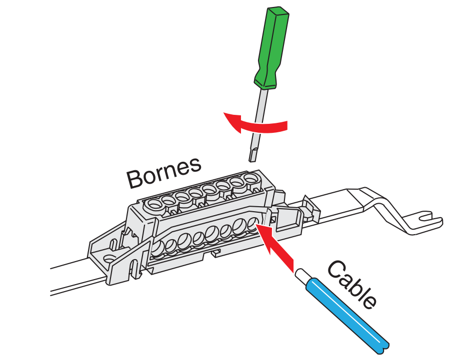
Los cuadros pequeños suelen tener una tira de bornes fija en la propia caja, destinada a la conexión del conductor de toma de tierra. Los armarios mayores permiten la fijación de bornes en perfiles normalizados o sobre soportes especiales.



↓ **Figura 1.28.** Bornes y soporte para bornes (MERLIN GERIN).







3.3. Marcado de bornes

Cada borna o regleta ha de ser identificada en el plano y en el cuadro para facilitar las operaciones de montaje y mantenimiento.

El marcaje se realizará por etiquetas identificativas de material plástico o con rotuladores de tinta inalterable. Todas las regletas se identificarán por un código presentado de la siguiente forma: *Xn*, donde *X* indica que es una borna y *n* el número que hace en el cuadro. Así todos los elementos que se encuentran en el exterior del cuadro estarán representados en el plano entre círculos etiquetados con *Xn*.

En las próximas unidades, se tratará con detenimiento los diferentes métodos utilizados para el marcado de bornes.



↑ **Figura 1.29.** Detalle de conexión de cable en bornes.



↑ **Figura 1.30** Numeración de bornes (SIEMENS AG).

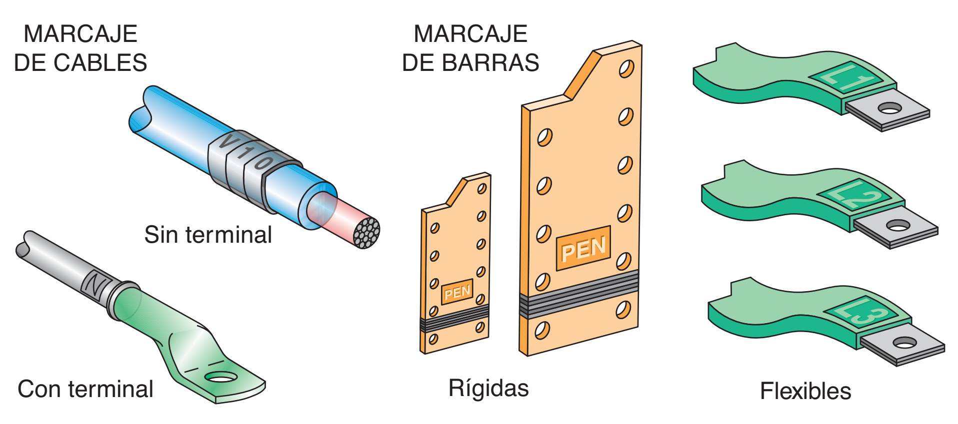
3.4. Marcado de cables

El marcado de cables permite identificar cada conductor respecto al plano de montaje. Esto facilita la construcción y el posterior mantenimiento del cuadro.

La señalización puede hacerse de forma alfabética, numérica o alfanumérica. Los elementos utilizados para el marcaje pueden ser:

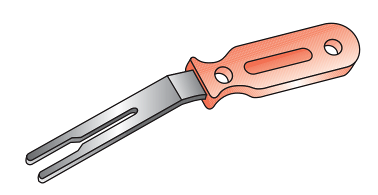
- **Etiquetas** de plástico con caracteres individuales que se colocan en las puntas de los conductores. Las de tipo **anilla** se han de colocar antes de conexionar el cable a marcar y las de tipo brazalete se fijan una vez que ha sido conectado al aparato eléctrico.

  Existen modelos **termorretráctiles** que se encogen, abrazando el cable, una vez que se les ha aplicado calor.



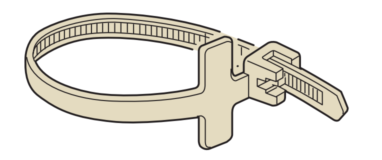
↑ **Figura 1.31.** Numeración de cables y bornes (LEGRAND).

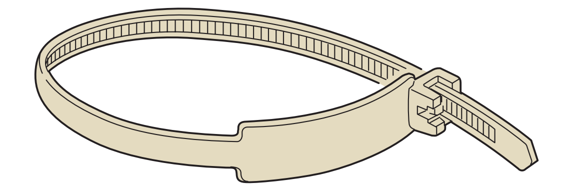




↑ **Figura 1.32.** Herramienta auxiliar para la inserción de anillas para el etiquetado de conductores.

- **Bridas de identificación** con zona de marcaje manual para escribir el referenciado con rotuladores de tinta inalterable. Se utilizan para el marcado de mazos de cables y mangueras.





↑ **Figura 1.33.** Bridas para marcaje de mazos de cables y mangueras (LEGRAND).

saber más

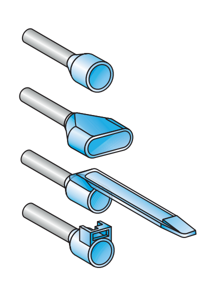
Las herramientas para crimpar se encargan de fijar las punteras y terminales a los conductores por simple presión sobre la pipa de estas, garantizando una correcta y fiable conexión eléctrica.

3.5. Terminación de cables

Los conductores que se encuentran en el cuadro, además de estar identificados por etiquetas, deben tener una buena terminación que evite desconexiones o falsos contactos. Para esto se utilizan piezas terminales de diferentes tipos:

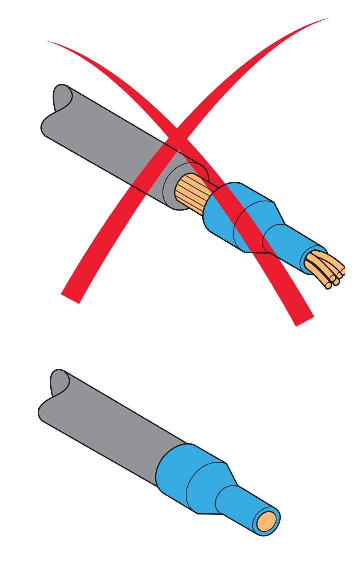
a) **Casquillos o punteras.** Son piezas cilíndricas de cobre estañado en cuyo interior se inserta el extremo del conductor. La fijación del casquillo al cable se hace por presión con tenazas especiales de crimpar.

Pueden estar desnudos o con cubierta de material plástico de varios colores, que facilita su identificación y codificación.



↑ **Figura 1.34.** Tipos de punteras.







↑ **Figura 1.35.** Crimpado de punteras o casquillos.





↑ **Figura 1.36.** Tenaza de engastar terminales con mordazas intercambiables.

b) **Terminales.** De la misma forma que los casquillos o punteras, los terminales permiten realizar una correcta conexión de los cables, en los bornes de los aparatos y embarrados.

Los de pequeña sección se utilizan con cubiertas codificadas por colores para su identificación. Su fijación se realiza con la tenaza de terminales o pinza de crimpar.

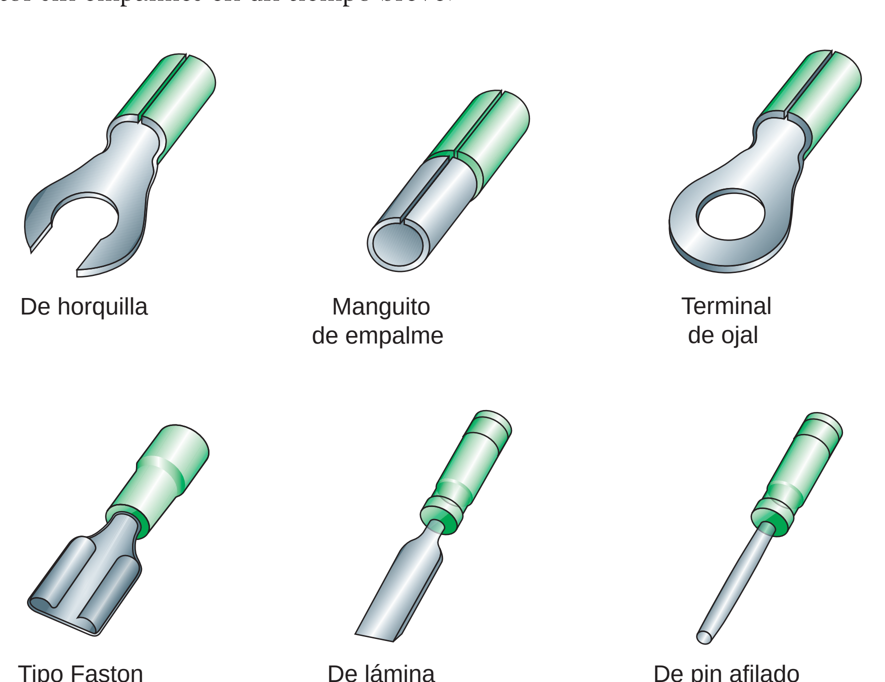
Según su forma, los terminales pueden ser:

- **De ojal.** Es de tipo cerrado. El tornillo de fijación al borne ha de ser introducido por el orificio en forma de ojal, que se encuentra en la superficie de conexión. Este tipo de terminal es el aconsejado para conductores de grandes secciones (hasta 300 mm^2).
- **De horquilla**. Es de tipo abierto con la superficie de conexión en forma de U. El tornillo al que va fijado no necesita extracción para su conexionado.
- **De pin afilado**. Su aspecto es similar al de las punteras. Con la diferencia que el conductor no se encuentra presionado por la pipa del adaptador.

  Se utilizan en cableados de cuadros de automatismo.
- **De lámina**. La superficie de conexión tiene forma plana. Están especialmente diseñados para su conexión con hembras tipo Faston.
- **Manguitos de empalme**. Permiten realizar conexiones fiables entre los extremos de dos conductores. Se utilizan para realizar prolongaciones de cables en espacios reducidos, donde no se pueden aplicar regletas de conexión, como canaletas o tubos. Pueden estar aislados o desnudos. Se aconseja su utilización en operaciones provisionales de reparación, siendo necesario su sustitución por un conductor sin empalmes en un tiempo breve.



↑ **Figura 1.37.** Fijación de un terminal en un cable.

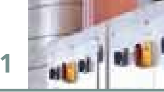


↑ **Figura 1.38.** Tipos de terminales.

ACTIVIDADES

2. Prepara un cable flexible de 1,5 mm^2 para conectar en él un terminal tipo de horquilla o Faston.

Pela el cable con cuidado de no cortar ninguno de sus hilos de cobre (la longitud a pelar debe ser la adecuada). No debe sobresalir en exceso por delante de la puntera o estar demasiado dentro. Tampoco debe verse cobre entre el aislante del conductor.



3.6. Sistemas de conexión rápida

Cada vez están más extendidos los elementos de conexión rápida en aparatos y bornes para cuadros. Estos permiten fijar los conductores sin herramientas, por simple presión. Así, el tiempo empleado en los trabajos de montaje y mantenimiento se reduce considerablemente.

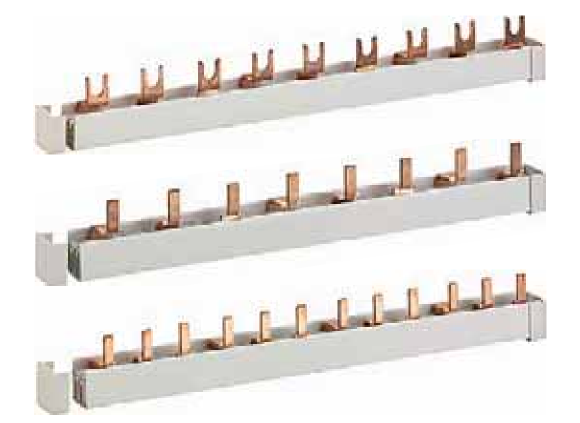
Peines

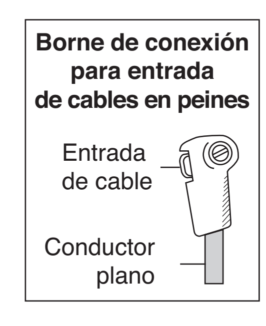
Son piezas longitudinales que **se utilizan para conectar varios elementos de protección,** como magnetotérmicos o interruptores de caja moldeada, sin utilizar cables. Están formados por piezas de cobre, que puentean elementos comunes entre un grupo de aparatos, por ejemplo las fases de entrada en los aparatos de protección de un sector.

↑ **Figura 1.39.** Conexión de un peine monofásico a una red de magnetotérmicos monopolares (MERLIN GERIN).

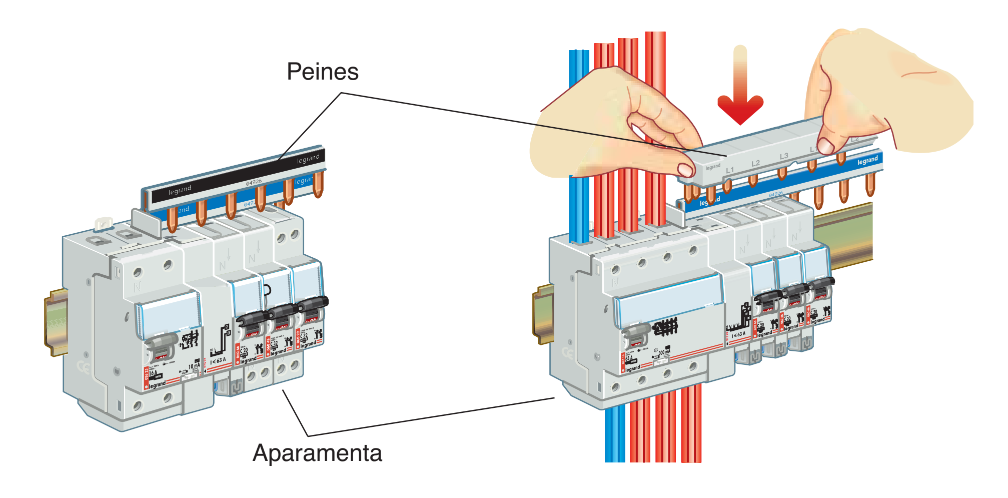
Una de las características más importantes de los peines es que permiten desconectar un aparato modular sin quitar la alimentación de los contiguos.

Los peines para interruptores de potencia están preparados para su conexión directa sobre el embarrado.





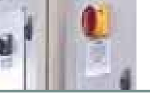
→ **Figura 1.40.** Peines.

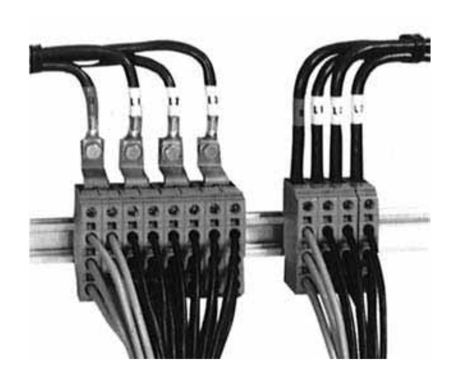


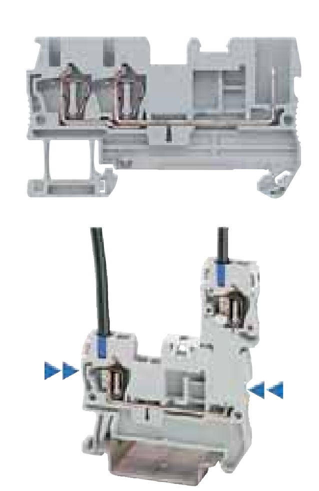
→ **Figura 1.41.** Ejemplo de conexión de peines a interruptores automáticos (LEGRAND).

Bornes de reparto de inserción directa

Permite realizar la conexión de cables sin tornillo. Cada orificio solamente admite un conductor, bien de tipo flexible o rígido sin puntera. Se sitúan sobre perfil normalizado y su aspecto es similar a las bornes de los regleteros. La unión entre varias bornes de este tipo, se realiza con pequeños embarrados o cables con terminales.







↑ **Figura 1.42.** Borna de inserción rápida (MERLIN GERIN).

3.7. Fijación del cableado

La correcta organización de los cables que forman un cuadro es esencial para su optimo funcionamiento y operaciones de mantenimiento. Un cableado inadecuado puede generar situaciones de peligro para el operario, además de averías inesperadas por calentamiento y falsos contactos. Siempre que sea posible se evitarán las mangueras o mazos de cable con conductores de potencia.

En los cuadros en los que existan circuitos de maniobra y fuerza, se canalizarán independientemente.

A continuación se exponen los elementos más usados para la fabricación del cableado.

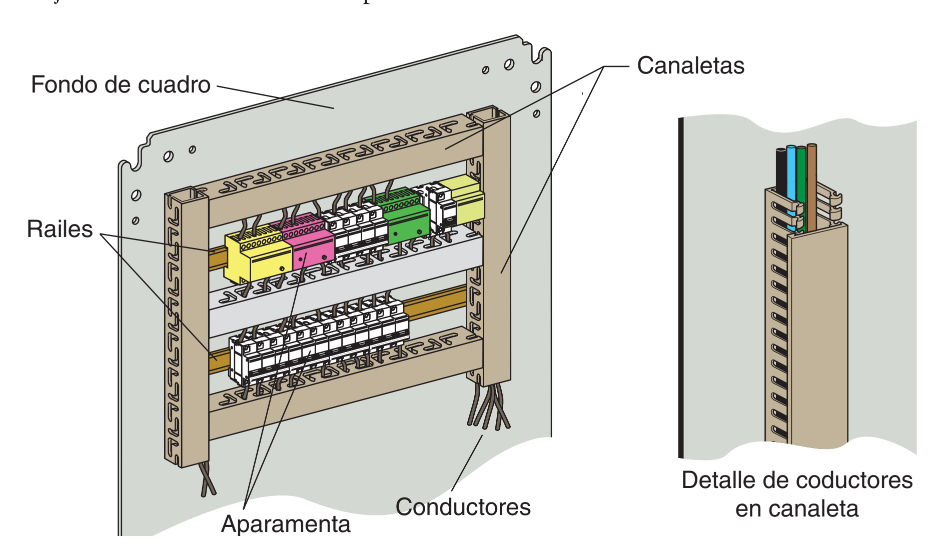
saber más

No se aconseja que el llenado de las canaletas supere el 70 %.

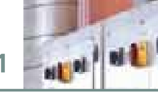
Canaletas

Se utilizan para fijar los conductores eléctricos que no superen los 10 mm^2 de sección, por el interior del cuadro, sin elementos auxiliares de sujeción. El reparto de cables, a los diferentes aparatos y regletas, se hace por las perforaciones realizadas en sus laterales. Con este tipo de canalización, la ampliación o modificación de los cableados resulta sencilla, ya que el acceso al interior, una vez retirada la tapa, se hace en toda su longitud. Así, la visualización y manipulación de los conductores es idónea.

Su fijación al cuadro se realiza por remaches o tornillos.



← **Figura 1.43.** Canaletas (MERLIN GERIN).

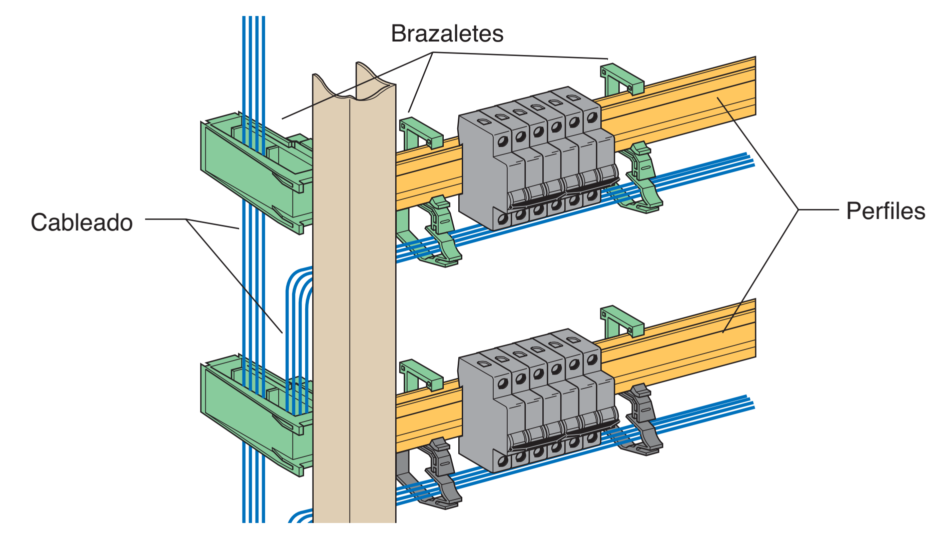


saber más

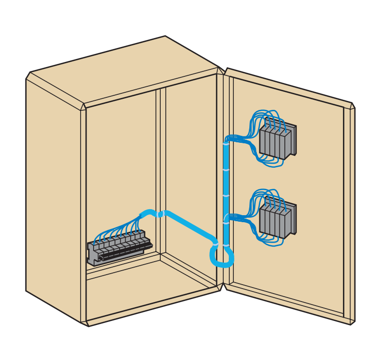
Siempre que sea posible, se evitará la formación de mangueras con conductores de potencia para favorecer su aireación.

Brazaletes

Sirven para realizar cableados al aire, con mangueras de conductores de gran sección, que necesitan una buena disipación térmica.



↑ **Figura 1.44.** Brazaletes (MERLIN GERIN).



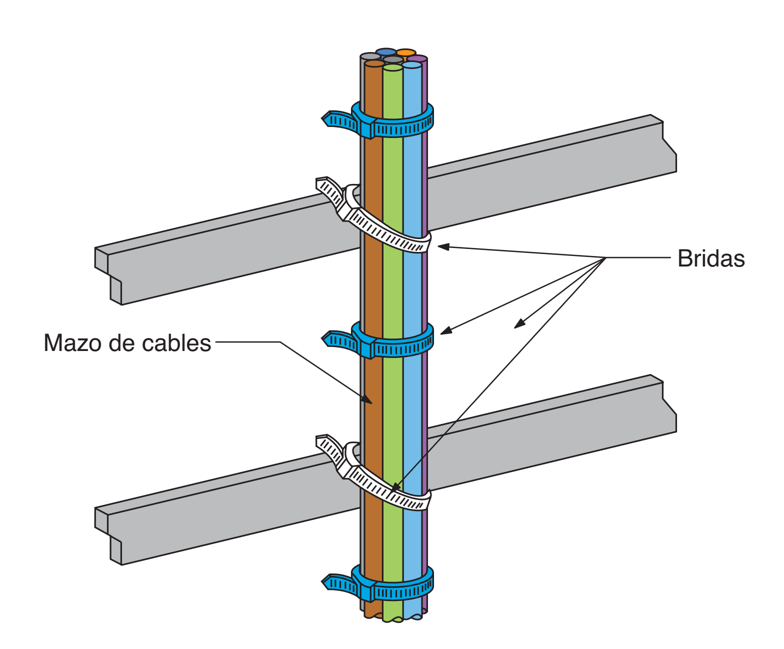
↑ **Figura 1.45.** Cableado de los elementos situados en la puerta de un cuadro eléctrico.

Se enganchan directamente sobre perfiles normalizados, pasando los conductores por su interior. Es aconsejable utilizar un brazalete cada 10 o 15 cm, para evitar el curvado excesivo de los cables debido a su propio peso.

Bridas

Son cintas de nailon, estriadas por una cara, que poseen en un extremo una cabeza con trinquete. Cuando el extremo libre se pasa por la cabeza, se realiza el cierre de forma permanente, no permitiendo su extracción.

Se utilizan para la sujeción de cables en cuadro o la formación de mangueras de conductores.



↑ **Figura 1.46.** Bridas (MERLIN GERIN).

Espirales

Son cintas plásticas tubulares que permiten la creación de mangueras por arrollamiento en forma de espiral.

Se utilizan en cuadros de automatismos para dar libertad de movimientos a las puertas o portezuelas.



↑ **Figura 1.47.** Espiral.

3.8. Embarrados

Los embarrados **son los encargados de suministrar la energía eléctrica al cuadro.** Están formados por un determinado número de barras que dependerá del sistema de alimentación así, por ejemplo, un sistema trifásico con neutro dispondrá de cuatro barras, tres para las fases y una para el neutro.

Las dimensiones de las barras estarán en relación directa con la potencia que suministrará el cuadro a la instalación. Es muy importante realizar una correcta instalación del embarrado, ya que el buen funcionamiento del cuadro dependerá en gran medida de esta operación.

Debido a que, por lo general, las barras no están cubiertas de material aislante, se ha de prestar gran atención en las tareas de mantenimiento y reparación.



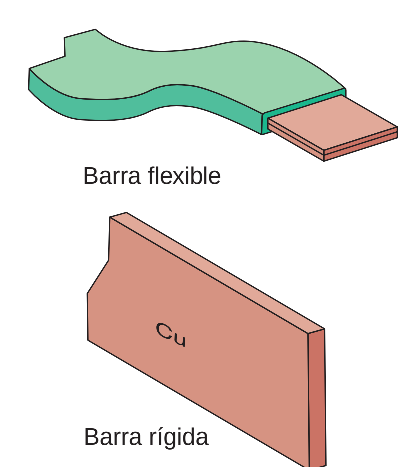
↑ **Figura 1.48.** Detalle de un embarrado de un cuadro de distribución (ABB).

Barras fijas y flexibles

Las barras fijas son pletinas de cobre macizas, con orificios en toda su longitud para las conexiones de los elementos al cuadro. Es aconsejable utilizarlas siempre en tramos rectos, tanto en vertical como en horizontal.

Las barras flexibles están formadas por un alma conductora de láminas de cobre y recubiertas de material aislante. Este tipo admite replegado, por lo tanto permite su desdoblado y posterior plegado para su reutilización en el mismo cuadro si existen modificaciones. Se utilizan para atacar bornes de aparatos y otros embarrados donde es imposible colocar barras de tipo recto.

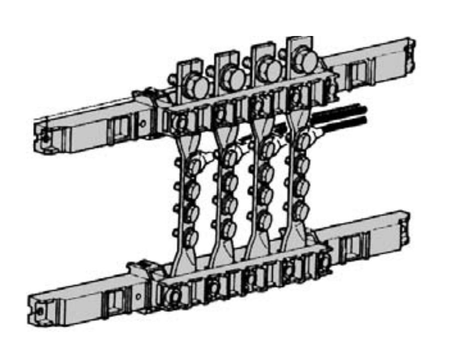
Algunos fabricantes diseñan barras específicas para sus cuadros con perfiles de conexión rápida.

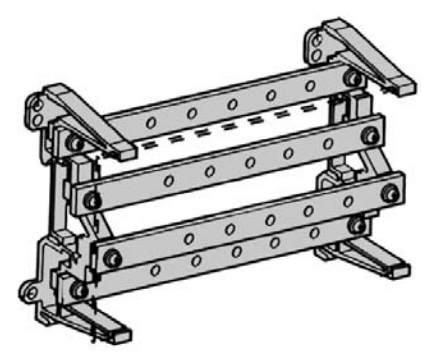


↑ **Figura 1.49.** Barras fijas y flexibles (MERLIN GERIN).

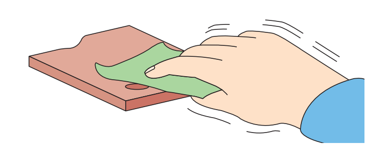
Bornes de entrada y salida

Si el cuadro posee embarrado, la entrada de cables se puede hacer directamente sobre él. Si no dispone de este sistema, los cables de entrada se conectarán sobre un borne especial escalado, formado por pequeñas barras de cobre apoyadas sobre soportes aislantes.





↑ **Figura 1.50.** Bornes de entrada y salida (MERLIN GERIN).



↑ **Figura 1.51.** Lijado de la superficie de una barra para su conexión eléctrica.

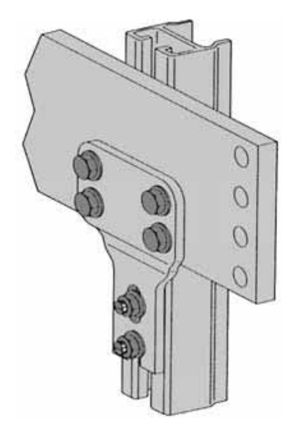


Identificación

Todas las barras, desnudas o aisladas, han de identificarse en los extremos y en los puntos de conexión. La codificación será la misma que para los cables:

L1, L2, y L3 para las fases activas, N (escrito en azul claro) para el neutro y PE (escrito en verde-amarillo) para el conductor de protección.

El perno de conexión de la masa del armario estará identificado con el símbolo de toma de tierra.



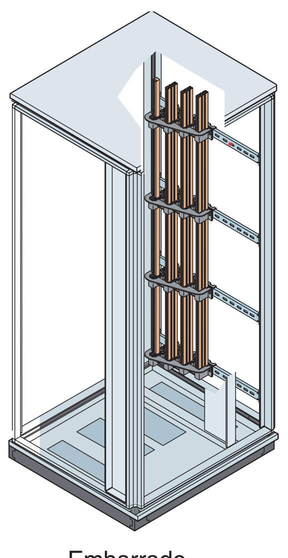
↑ **Figura 1.52.** La salidas con cable de un embarrado se hacen siempre con terminales fijados por tornillos y tuercas.

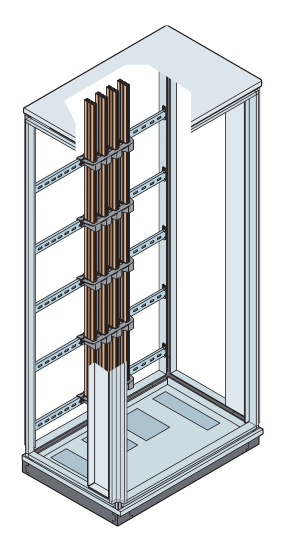
Situación de los embarrados

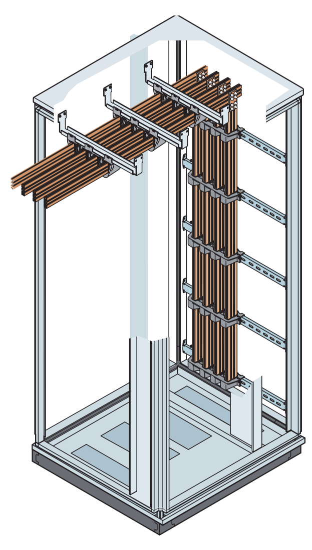
La colocación de las barras conductoras se realizará, en gran medida, dependiendo del tipo de armario y el espacio reservado para tal fin.

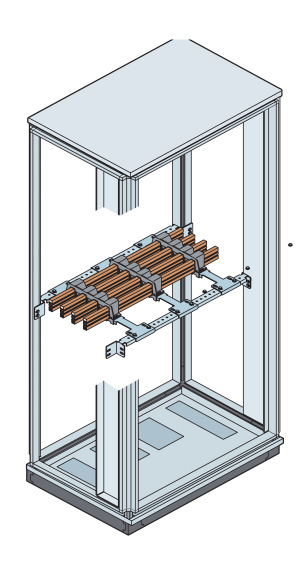
Cuando el espacio no sea determinante, las barras se colocarán en una celda adosada al armario principal. Esto permite que, en los trabajos con tensión, no existan riesgos de contactos indirectos.

Si las dimensiones del armario no permiten la configuración anterior, se hace necesario colocar el sistema de barras de forma vertical en fondo. El trabajo de instalación y conexión se ha de realizar con el revestimiento trasero retirado.

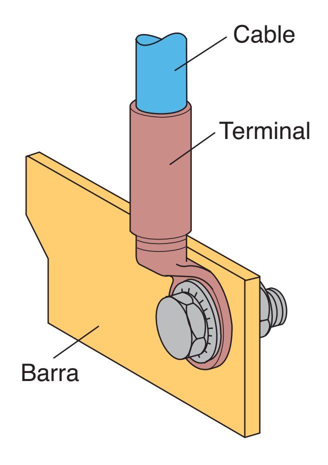


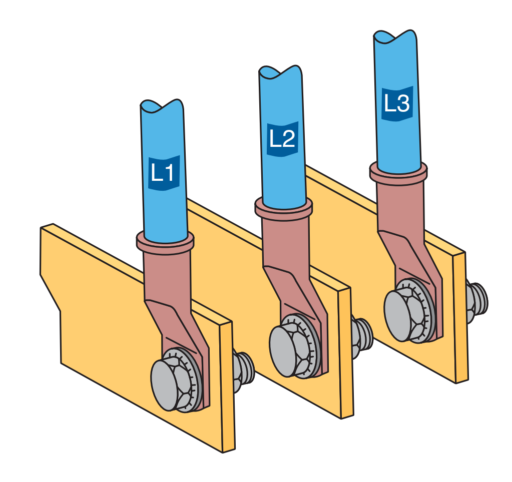




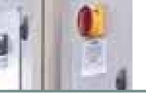


↑ **Figura 1.53.** Diferentes formas de ubicar los embarrados (ABB).





→ **Figura 1.54.** Conexión de cables a barras (MERLIN GERIN).



4. Elementos para la climatización

Los armarios situados en lugares con condiciones climáticas adversas deben estar proyectados con los elementos necesarios para su correcta climatización. Conseguir una temperatura idónea, evitar la condensación y reducir el calentamiento excesivo serán los principales objetivos de estos elementos. Los problemas de una incorrecta climatización pueden estar causados tanto por las altas como por las bajas temperaturas. Las elevadas temperaturas, generadas en gran medida por el calor de los propios aparatos del interior del cuadro, pueden provocar el calentamiento excesivo de los elementos y su posterior destrucción. Por otro lado, las bajas temperaturas pueden producir la formación de agua por condensación y, en algunos casos, hielo en el interior que afectaría gravemente al aparellaje del cuadro.

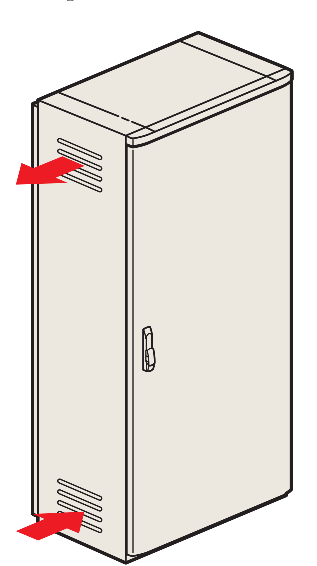
Dependiendo de las características del armario y el lugar en el que esté instalado, la gestión de su temperatura, puede realizarse de forma natural o forzada.

caso práctico inicial

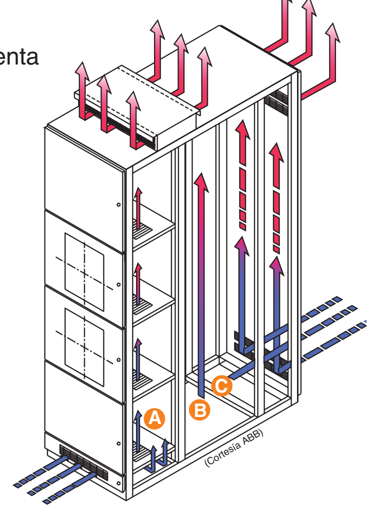
Es importante mantener adecuadamente la temperatura del interior de un cuadro eléctrico ya que de este factor depende la mayor o menor durabilidad de su aparamenta.

4.1. Climatización natural

Consiste en instalar adecuadamente elementos pasivos en el interior y paredes del armario, para conseguir la climatización por convención natural. De esta forma se logra la aireación y temperatura adecuada en el interior del cuadro, sin costosos aparatos auxiliares.







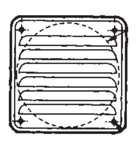
← **Figura 1.55.** Climatización natural.

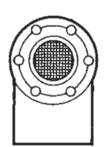
Ventanas y rejillas de ventilación

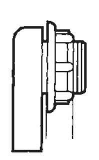
Se utilizan en todos lo armarios que necesiten ventilación, tanto forzada como pasiva. Se colocan en caras opuestas para favorecer la ventilación natural.



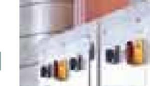






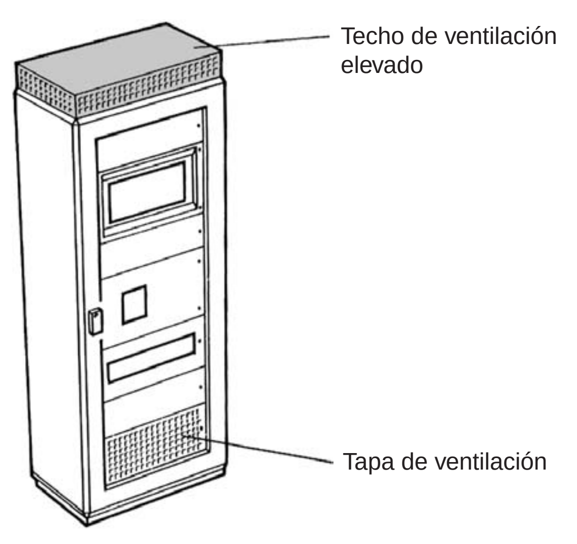


← **Figura 1.56.** Ventanas para ventilación pasiva en armarios.



Techo de ventilación

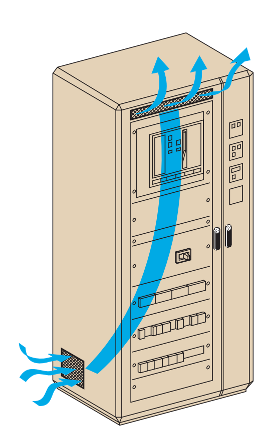
Mejora la ventilación natural o forzada del cuadro. Se instala sobre la parte superior del armario, apoyado directamente sobre la armadura. Si se desea aumentar el grado de protección IP, se ha de colocar un filtro entre el armario y el techo.



↑ **Figura 1.57.** Techo de ventilación (MERLIN GERIN).

4.2. Climatización forzada

En aquellos armarios en los que la climatización por convención natural no sea suficiente, deberá utilizarse la climatización forzada con elementos de tipo activo, que los diferentes fabricantes proponen para sus envolventes.



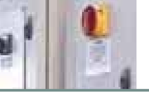
↑ **Figura 1.58.** Climatización forzada.

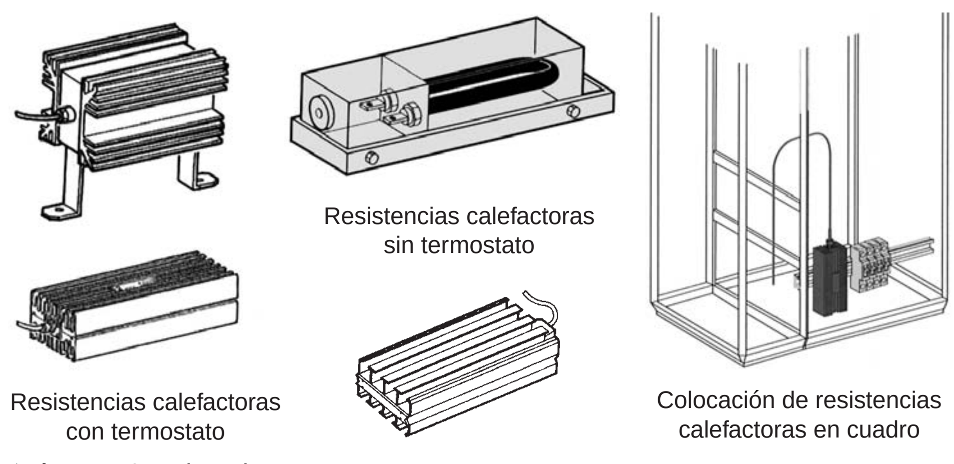
Resistencias calefactoras

Permiten elevar la temperatura del cuadro, evitando la condensación interior cuando la temperatura externa es muy baja.

Pueden ser de montaje horizontal o vertical, con aletas de aluminio o en forma de horquilla. Su alimentación se realiza en el interior del cuadro directamente a la red de 230 V.

Las resistencias no se instalarán cerca de los demás aparatos del cuadro, para evitar su calentamiento por proximidad.

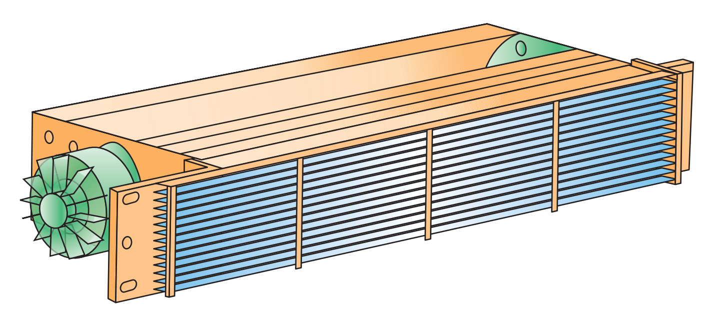




↑ **Figura 1.59.** Resistencias.

Ventiladores

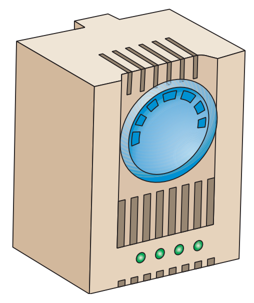
Permiten la ventilación forzada en el interior del cuadro. Son necesarios en armarios cuya temperatura interior es elevada.



↑ **Figura 1.60.** Ventiladores para ventilación forzada de armarios (MERLIN GERIN).

Termostatos

Regulan la temperatura interior del cuadro, gestionando el funcionamiento de las resistencias calefactores y/o ventiladores.



↑ **Figura 1.61.** Termostato (MERLIN GERIN).

5. Elementos auxiliares

Los elementos auxiliares no modifican las características técnicas de las envolventes, pero aumentan sus prestaciones, haciendo más cómodos los trabajos de mantenimiento y reparación.

5.1. Iluminación

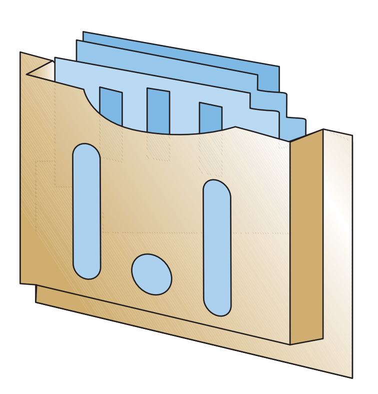
En los grandes armarios de distribución o de automatismos, es conveniente instalar iluminación para facilitar la visualización del interior. Además, se hace obligatoria en aquellos casos en los que el cuadro se encuentra situado en lugares oscuros, que dificultan las tareas de mantenimiento.

El encendido de la iluminación interior se puede realizar de forma manual, por un interruptor que accionará el operario, o de forma automática, con un contacto que se activa al abrir la puerta.



5.2. Portadocumentos

El portadocumentos es un bolsillo metálico, o de material plástico, que se añade a la puerta del cuadro por el interior. Sirve para alojar los esquemas eléctricos y la documentación técnica.



↑ **Figura 1.62.** Portaplanos.

5.3. Portaetiquetas

De la misma forma que el referenciado de cables y regletas permite la rápida identificación de los conductores, el etiquetado de los elementos, en la puerta del cuadro, es aconsejable cuando el número de estos es elevado. Los portaetiquetas permiten la representación de textos y símbolos sobre una banda de papel protegida con una tapa transparente. La fijación al armario se hace por tornillos o por cintas adhesivas de doble cara.

6. Compartimentación

caso **práctico** inicial

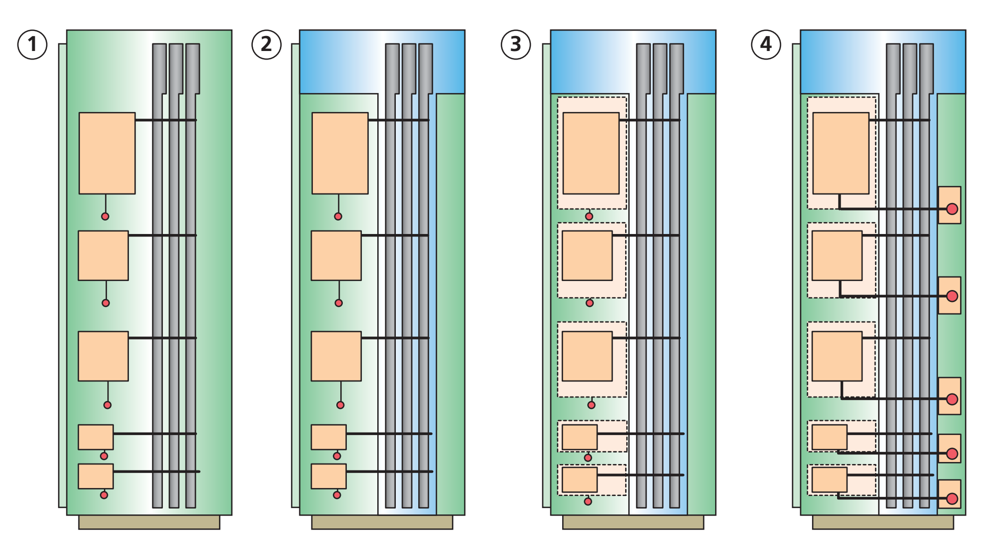
Concepto de compartimentación.

En muchos casos es necesaria la separación, a diferentes niveles, de las unidades funcionales que intervienen en un armario. Esta operación recibe el nombre de compartimentación y tiene como misión evitar los siguientes efectos:

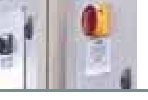
- Contactos indirectos con las partes adyacentes en tareas de mantenimiento y reparación.
- El riesgo de la creación de corrientes de defecto.
- Entrada de cuerpos extraños de unas unidades en otras.

La norma UNE-EN 60439.1 establece cuatro formas diferentes de compartimentación:

- Forma 1: no existe compartimentación.
- Forma 2: la unidad funcional del embarrado es separada de las demás.
- Forma 3: la unidad funcional del embarrado y todas las demás unidades que intervienen en el cuadro están separadas entre sí.
- Forma 4: idéntica a la anterior, pero separando incluso los bornes de salida y entrada.



→ **Figura 1.63.** Compartimentación.



7. Entrada de cables

La llegada y salida de conductores en el armario dependerá del tipo de canalización utilizada.

En cuadros empotrados se realiza por tubos de plástico o acero, alojados en la pared o el suelo.

En los cuadros de fijación mural la entrada puede hacerse con tubos, canaletas o bandejas de cables de montaje superficial.

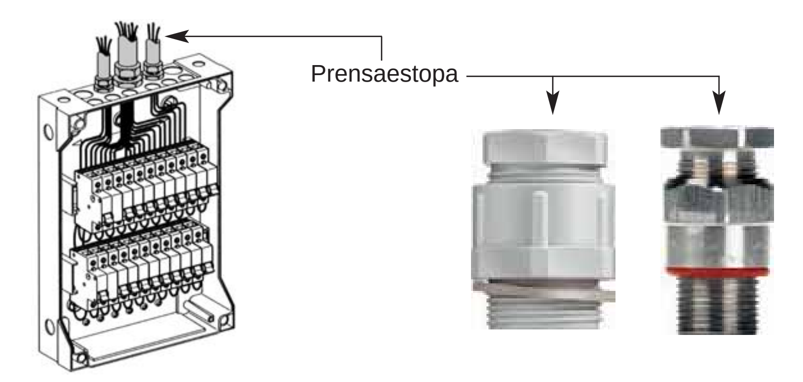
Se ha de prestar especial atención en mantener el grado de protección IP, con cualquiera de los métodos empleados.

A continuación se describen los accesorios para la unión de canalizaciones con las envolventes.

7.1. Unión de tubos

La fijación de tubos al cuadro se realiza por los elementos llamados **prensaestopas.**

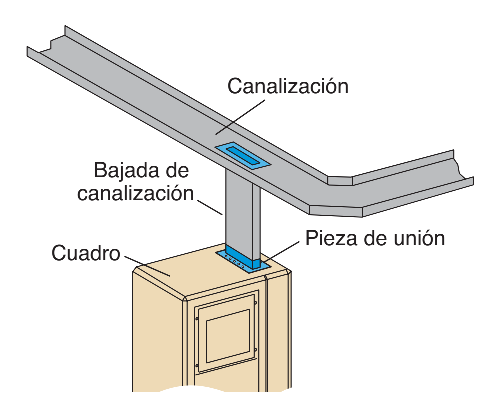
Son piezas metálicas, o de material plástico, que se alojan en orificios, previamente realizados, en los laterales de los cuadros, con una tuerca de gran tamaño.



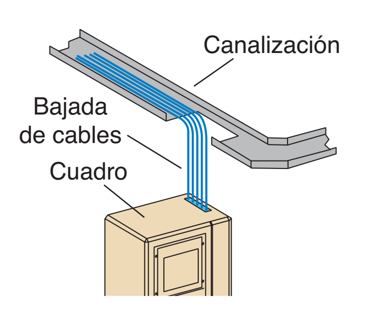
↑ **Figura 1.65.** Entrada de cables por tubo.

7.2. Unión de canaletas y bandejas

La llegada de canaletas y bandejas se realiza con piezas terminales que permiten mantener el grado de protección IP del cuadro. Estas se fijan en los laterales con tornillos o remaches.



↑ **Figura 1.66.** Canaleta.



↑ **Figura 1.67.** Entrada de cables por canalización.

caso práctico inicial

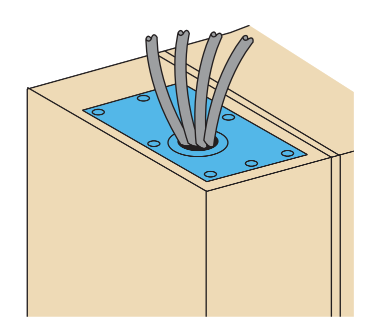
En este epígrafe se descubren los elementos utilizados para la entrada de cables

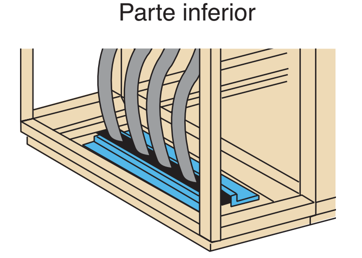
saber más

Los racores son piezas para la unión de canalizaciones con tubo de acero flexible a las envolventes eléctricas. Su aspecto es similar al de los prensaestopas.

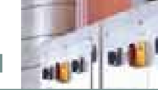


↑ **Figura 1.64.** Racor.





↑ **Figura 1.68.** Detalle de entrada de cables en un cuadro eléctrico.



8. Consideraciones técnicas de montaje e instalación para evitar las perturbaciones electromagnéticas

Todo circuito eléctrico con elementos de funcionamiento electrónico, autómatas, temporizadores, contadores, etc., puede estar afectado por las perturbaciones electromagnéticas.

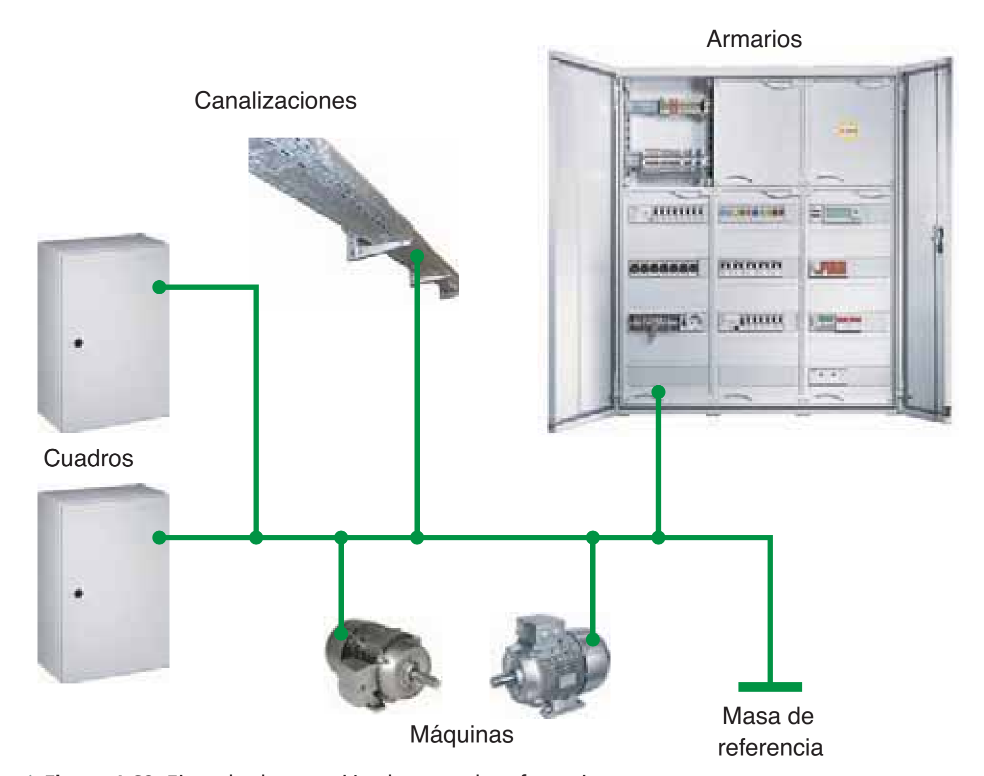
Una perturbación electromagnética es una deformación de la señal enviada por un elemento de captación, detector, final de carrera, etc. hacia un aparato electrónico de lógica programada. Esta señal es recibida con un valor de estado diferente, al que el captador envió, provocando una acción no deseada.

Las principales fuentes de perturbaciones electromagnéticas son: los motores eléctricos, el alumbrado fluorescente, variadores electrónicos de velocidad, rectificadores y equipos informáticos.

El diseño y construcción de armarios ha de hacerse de tal forma que se eviten este tipo de perturbaciones. Para ello se han de tomar las siguientes precauciones en el momento de la instalación.

8.1. Masa de referencia

Todas las partes metálicas de la instalación y del cuadro han de estar interconectadas entre sí, para crear una masa de referencia.



↑ **Figura 1.69.** Ejemplo de conexión de masa de referencia.

Se prestará especial atención a que los contactos sean metal-metal, limpiando las superficies adecuadamente en los casos que sea necesario.

8.2. Entrada de cables en el armario

La entrada de cables en el armario se puede hacer por bandejas metálicas y/o por tubos. En ambos casos, se separarán los cables de potencia de los cables de mando que proceden de los captadores.

Los prensaestopas y piezas que unen las canalizaciones con el armario tendrán un buen blindaje a masa.

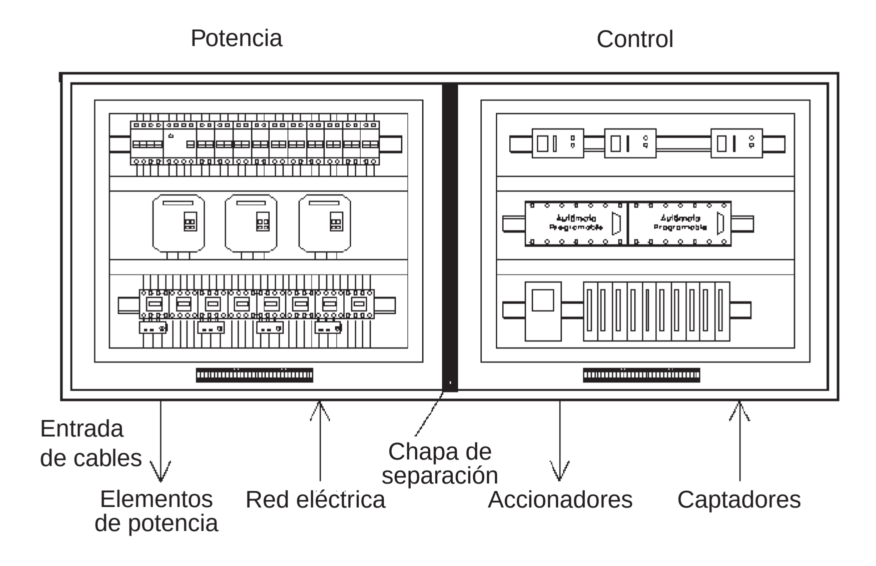
Se evitará la iluminación con lámparas fluorescentes o de descarga en cuadros de automatismos programados.

En el interior del cuadro, los elementos de control estarán separados de los de potencia por una chapa metálica. Si el cuadro es muy grande, se hace aconsejable separar el mando de la potencia en habitáculos diferentes.

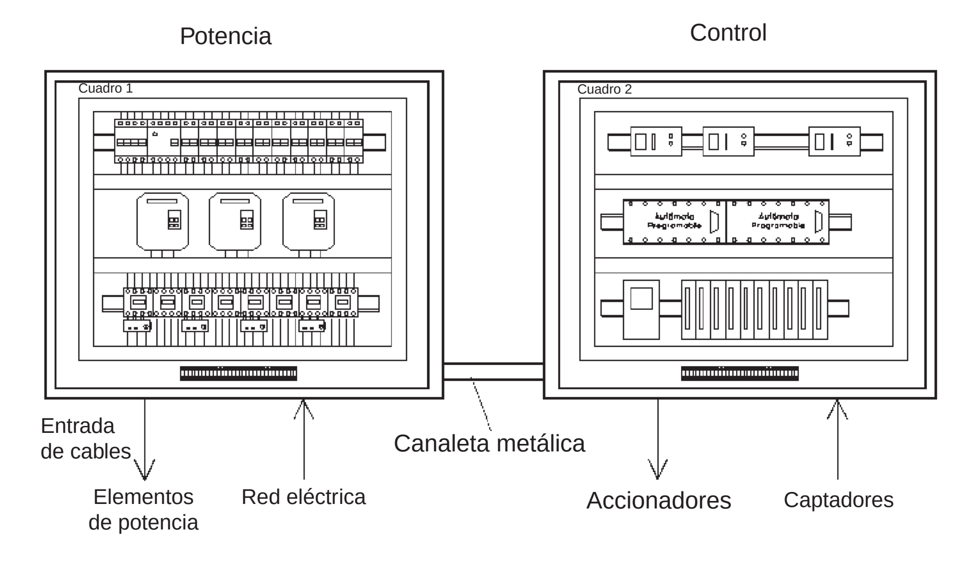
saber más

La iluminación de cuadros con lámparas de descarga puede producir perturbaciones electromagnéticas en aparatos de mando electrónico. En los cuadros en los que se utilicen estos elementos se sustituirán por lámparas incandescentes.

CUADROS PEQUEÑOS



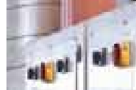
CUADROS GRANDES



↑ **Figura 1.70.** Separación de los dispositivos de control de los de potencial.



↑ **Figura 1.71.** Detalle de conexión del conductor de protección a la puerta de un cuadro eléctrico.



ACTIVIDADES FINALES

1. Utilizando catálogos comerciales y sus tarifas, elabora un presupuesto, en las mejores condiciones económicas, de un armario de dos unidades funcionales, el cual estará apoyado sobre el suelo, dispondrá de un sistema trifásico de barras y estará ventilado de forma forzada.

   No debes tener en cuenta los dispositivos eléctricos que en su momento irán alojados en su interior.

   Las dimensiones estarán entorno a los 2 metros de altura y 1m de ancho de cada unidad funcional.

2. Revisa las tablas de la sección Mundo Técnico y di qué significan los siguientes grados de protección IP IK:

   a. IP20 IK02
   b. IP32 IK02
   c. IP68 IK07
   d. IP10 IK05
   e. IP33 IK01

3. En catálogos que has utilizado en actividades anteriores, localiza el código IP-IK de algunas de las envolventes. Observa cuál es el motivo por el que algunos cuadros eléctricos pueden disponer de diferentes códigos IP-IK.

4. Ojea los catálogos y enumera los diferentes sistemas de fijación de los dispositivos eléctricos dentro de la envolvente. ¿Cuál de ellos es el más utilizado?

5. ¿Cuáles son los sistemas mayoritariamente utilizados para la entrada y salida de cables de los cuadros eléctricos? Localiza los diferentes tipos en catálogos de material eléctrico.

6. Dibuja un croquis con la topología de la instalación de cuadros eléctricos necesaria para el taller de reparación de vehículos propuesto en el caso práctico inicial, sabiendo que se deben electrificar las siguientes estancias y máquinas:

   - Túnel de lavado (*).
   - Sala de pintura
   - Elevadores de vehículos (*)
   - Puente grúa (*)
   - Taller de chapa (*)
   - Alumbrado general
   - Fuerza general para tomas de corriente
   - Fuerza y alumbrado de las oficinas y almacén.

   Se debe instalar un cuadro general a la entrada del taller.

   Lo marcado con asterisco (*) dispondrá de cuadros de automatismos.



entra en internet

- 7. Consigue en papel, o en formato electrónico, los catálogos y tarifas de tres fabricantes de envolventes y cuadros eléctricos. Para ello puedes ayudarte de las siguientes páginas web:

  a. www.legrand.es

  b. www.schneiderelectric.es

  c. www.himel.es

  d. www.pinazo.com

  e. www.delvalle.es

  f. www.squadraelectric.es

  Nota: si alguno de estos enlaces no funciona, prueba introducir el nombre de la empresa en una buscador de página web.

- 8. Entra en la web de algún fabricante de envolventes y descarga el software de diseño de cuadros eléctricos que dispongan de forma gratuita . Instálalo en un ordenador y, siguiendo las pautas marcadas por tu profesor, prueba sus posibilidades.

- 9. Busca las diferentes soluciones que dan los fabricantes para la instalación de interruptores de caja moldeada en los cuadros eléctricos.

- 10. Busca información de los sistemas electrónicos utilizados para medir la temperatura en el interior de un cuadro eléctrico. ¿Crees que tienen utilidad?

- 11. Elabora una lista de al menos 15 fabricantes de envolventes y accesorios para los cuadros eléctricos.

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

HERRAMIENTAS

- Tijeras de electricista
- Tenaza de engastar (crimpar) terminales

MATERIAL

- 1,5 m de cable flexible de 1,5 mm^2
- 1 m de cable flexible de 2,5 mm^2
- 1 m de cable flexible de 4 mm^2
- 2 m de cinta helicoidal
- 14 terminales y punteras para las secciones de los conductores utilizados en la actividad

Preparación de un mazo de cables

OBJETIVO

Realizar un mazo de cables con cinta helicoidal, que presumiblemente debería ir en el interior de un cuadro eléctrico, y preparar todas las terminaciones de los conductores con terminales y punteras.

PRECAUCIONES

- Pelar las terminaciones de cada uno de los cables con la medida adecuada al terminal o puntera que se va a colocar en ellas.
- No dejar fuera del terminal ninguno de los finos hilos de cobre de los conductores.

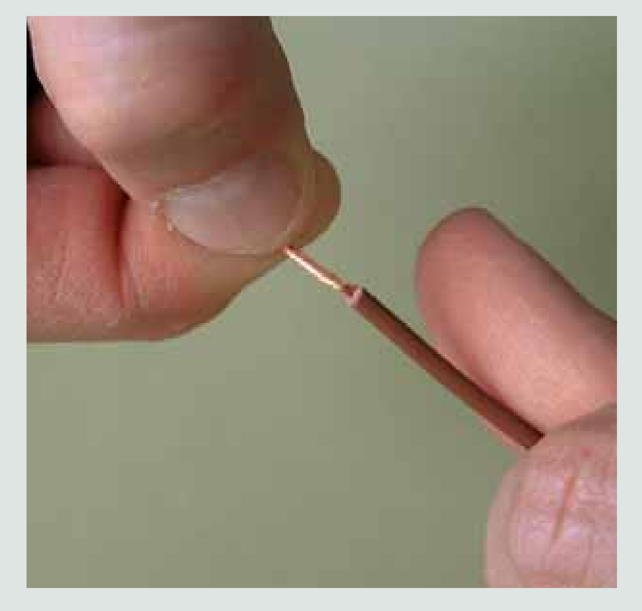
DESARROLLO

1. Cortar los cables con las siguientes medidas:

- Tres tramos de 50 cm cada uno del conductor de 1,5 mm^2
- Dos tramos de 50 cm cada uno del conductor de 2,5 mm^2
- Dos tramos de 50 cm cada uno del conductor de 4 mm^2

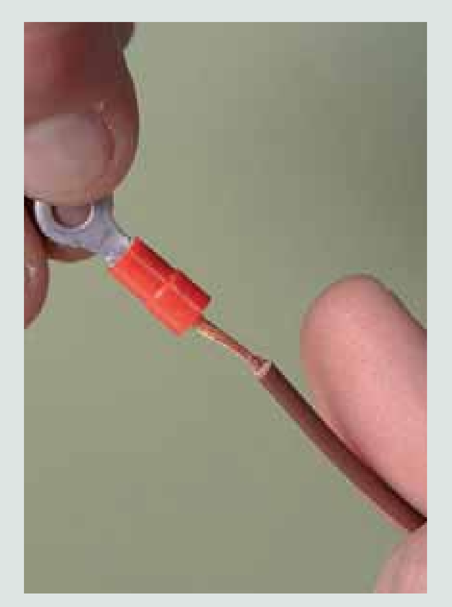
2. Pelar las terminaciones de ambos extremos de los conductores y agrupar todos los hilos de cobre de cada uno de las terminaciones, retorciéndolos ligeramente con los dedos.





↑ **Figura 1.72.** Pelado y preparación del conductor.

3. Colocar el terminal adecuado en cada una de las terminaciones y crimparlo con la tenaza de engastar.



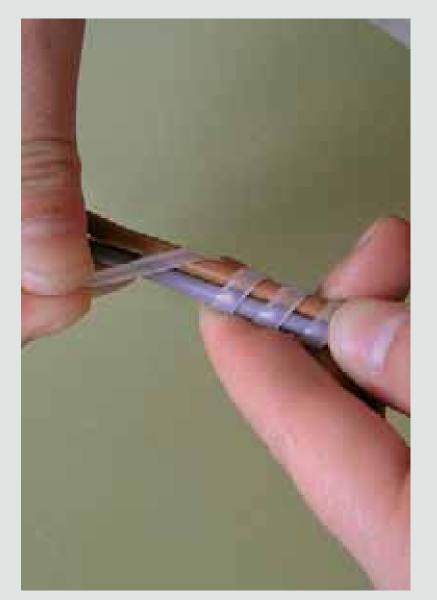




↑ **Figura 1.73.** Engastado del terminal.

4. Colocar la cinta helicoidal de forma que en los primeros 25 cm el mazo agrupe todos conductores y los 25 cm siguientes, sean bifurcaciones (3 en total) separando los conductores por secciones.







↑ **Figura 1.74.** Colocación de cinta helicoidal.

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

HERRAMIENTAS

- Tijeras de electricista
- Cortacables
- Navaja de electricista
- Tenaza de engastar terminales
- Peladora de cables de gran sección

MATERIAL

- 50 cm de cable flexible 10 mm^2
- 2 terminales de ojal para cable de 10 mm^2

Engastado de terminales de gran sección

OBJETIVO

Fijar terminales en conductores de gran sección.

PRECAUCIONES

- No introducir el dedo en la boca de la tenaza en el proceso de engastado.

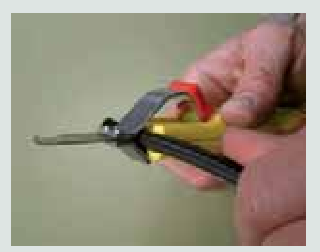
DESARROLLO

1. Utilizando el cortacables, cortar un tramo de cable de 10 mm^2.



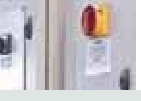
↑ **Figura 1.75.** Cortacables.

2. Con la tijera electricista (o herramienta específica), pelar las terminaciones del cable en las que van a fijar los terminales.






↑ **Figura 1.76.** Pelado de cables.



3. Agrupar todos los hilos de cobre de cada una de las terminaciones, retorciéndolos ligeramente con los dedos y colocar el terminal adecuado en cada una de las terminaciones







↑ **Figura 1.77.** Colocación del terminal.

4. Crimpar el terminal con la tenaza de engastar.





↑ **Figura 1.78.** Engastado de terminales.

5. Para cables de gran sección se debe utilizar un tenaza de terminales de tamaño adecuado.





↑ **Figura 1.79.** Tenaza de terminales de gran tamaño.



MUNDO TÉCNICO

Grados de protección IP

La norma EN 60529 establece los grados de protección para las envolventes eléctricas ante las siguientes influencias externas: presencia de cuerpos sólidos, presencia de agua y choques mecánicos.

El grado de protección se indica con un sistema de codificación de la siguiente forma:

IP xx – IK xx

Donde el índice IP hace referencia, con 2 cifras, al grado de protección contra cuerpos sólidos y líquidos, y el índice IK hace referencia, también con 2 cifras, el grado de protección contra choques mecánicos. Para una correcta interpretación de grado IP, cada cifra ha de ser leída individualmente.

Tablas para la identificación de los grados IP e IK

ÍNDICES DE PROTECCIÓN

1. Protección contra los cuerpos sólidos y líquidos:
   Índices de protección – IP
   Grados de protección de las envolventes de los materales eléctricos según las normas: CEI 529 y EN 60529

1.ª cifra: protección contra los cuerpos sólidos

IP	tests	
0	Ø 50 mm	Sin protección
1	Ø 50 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm (ej.: contactos involuntarios de la mano)
2	Ø 12,5 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm (ej.: dedos de la mano)
3	Ø 2,5 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (ej.: herramientas, tornillos)
4	Ø 1 mm	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm (ej.: herramientas finas, pequeños cables)
5		Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales)
6		Totalmente protegido contra el polvo

2.ª cifra: protección contra los líquidos

IP	tests	
0		Sin protección
1		Protección contra las caidas verticales de gotas de agua (condensación)
2	15°	Protección contra las caidas de agua hasta 15° de la vertical
3	60°	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4		Protegido contra las proyecciones de agua en todas direcciones
5		Protegido contra el lanzamiento de agua en todas direcciones
6		Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar
7	1 m; 15 cm mini	Protegido contra inmersión
8	m	Protegido contra los efectos prolongados de inmersión en condiciones especificadas

2. Protección contra los choques mecánicos:
   Índice de protección - IK

Según : UNE EN 50 102/96

IK	Energía de choque (julios)	Antiguo 3ª cifra IP
00	0	0
01	0,15	
02	0,20	
(1)	0,225	1
03	0,35	
04	0,50	3
05	0,70	
06	1	
07	2	5
08	5	
(2)	6	7
09	10	
10	20	9

- También permite conocer la correspondencia con la antigua 3.ª cifra IP.

LEGRAND.

EN RESUMEN

ENVOLVENTES → **Elementos constructivos**

- Tipo de materiales
- Armadura
- Chasis
- Perfiles
- Complementos

Elementos de cableado y conexión

- Regleteros
- Bornes
- Marcado de bornes
- Marcado de cables
- Fijación del cableado
- Terminación de cable
- Embarrados

Climatización

Evitar perturbaciones electromagnéticas

Elección de la envolvente

- Tipo de aplicación
- Cuadro de distribución
- Cuadro de automatismos

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. Los índices de protección de las envolventes están definidas según la norma

a) IEC 1131.

b) UNE 4026.

c) EN 60529.

d) EN 60452.

2. Se denomina revestimiento de una envolvente:

a) A la armadura.

b) Al fondo del cuadro.

c) A los paneles que cubren el cuadro.

d) Al sistema de fijación de elementos eléctricos dentro del cuadro.

3. La operación de crimpado o engastado consiste en:

a) Ponerle punteras, o terminales, a los cables.

b) Desbastar un elemento metálico.

c) Fijar los componentes eléctricos a un perfil normalizado.

d) Cablear un cuadro eléctrico.

4. La compartimentación es:

a) Pasar educadamente las herramientas al compañero de trabajo.

b) Compartir una zona de un cuadro eléctrico.

c) Separación, a diferentes niveles, de las unidades funcionales de un cuadro eléctrico.

d) Separar los elementos puramente electrónicos de los electromecánicos.

5. Una perturbación electromagnética es:

a) El ruido que emite un componente eléctrico.

b) Una deformación de una señal enviada por un elemento de captación.

c) La puesta en marcha de un actuador eléctrico.

d) Un componente que está en el interior de un cuadro eléctrico.

2 Mecanizado de cuadros eléctricos



vamos a conocer...

1. Mecanizado de cuadros eléctricos
2. Herramientas de medida
3. Herramientas de trazado y marcaje
4. Técnicas de mecanizado
5. Técnicas para el mecanizado de cuadros eléctricos y sus accesorios

PRÁCTICA PROFESIONAL

Montaje del panel de pruebas

MUNDO TÉCNICO

Cuadros eléctricos sin mecanizado

y al finalizar..

- Conocerás los diferentes tipos de herramientas para el mecanizado de cuadros eléctricos.
- Utilizarás dichas herramientas para operaciones de marcado, corte, aserrado y punzonado.
- Montarás un panel de pruebas que te servirá para realizar las actividades de próximas unidades.
- Mecanizarás el fondo y la puerta de un cuadro eléctrico para la colocación de la aparamenta necesaria para un cuadro de obra.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

A un electricista se le ha encargado montar el cuadro de una obra destinada a la construcción de viviendas. Los circuitos eléctricos que debe gestionar son varios:

- Unos fijos, como el alumbrado y la alimentación de la hormigonera.
- Otros de uso ocasional, como la conexión de las herramientas eléctricas de los trabajadores a través de tomas de potencia.

La aparamenta de corte y protección estará ubicada en el fondo del cuadro y la salida de cables a los circuitos fijos se realizará a través de prensaestopas por la parte inferior del mismo.

Para saber si los diferentes circuitos están en tensión, se deben poner pilotos circulares de señalización en la puerta del cuadro. Además, un amperímetro mostrará en todo momento el consumo de corriente general.

El mecanizado del fondo y de la puerta del cuadro, para la fijación de los aparatos y los elementos auxiliares de cableado, requiere conocer con detalle la utilización de las herramientas y las normas de seguridad para su uso correcto.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué herramientas existen en el mercado (eléctricas y manuales) para cortar superficies metálicas?
2. Habrás visto que en el mercado existen numerosos tipos de brocas ¿crees que todas sirven para el taladrado de todo tipo de materiales? ¿Cuáles conoces tú?
3. ¿Qué tipos de brocas son más adecuadas para el mecanizado del cuadro de obra propuesto?
4. ¿Cómo fijarías la aparamenta de corte y protección del fondo del cuadro?
5. ¿Qué herramienta utilizarías para realizar los orificios para los pilotos de señalización en la puerta del cuadro?
6. ¿Y para realizar el orificio cuadrangular para el amperímetro?
7. ¿Cuál es la herramienta ideal para medir con precisión el diámetro de los elementos circulares?
8. En el cuadro de obra propuesto, ¿qué importancia tiene realizar todos los orificios con la máxima precisión posible?
9. Si hay que realizar un orificio en un lateral del cuadro, ¿qué herramienta utilizarías para evitar que la broca patine?

1. Mecanizado de cuadros eléctricos

vocabulario

Español-Inglés

Mecanizar: *to mechanize*

Sierra de mano: *handsaw*

Hoja de sierra: *saw blade*

Taladro: *drill*

Broca: *drill bit*

Rosca: *thread*

Tornillo: *screw*

Destornillador: *screwdriver*

Remache: *rivet*

Alicates: *pliers*

Martillo: *hammer*

Se denomina mecanizado al **conjunto de operaciones, que se realizan sobre un determinado material para darle la forma final deseada.** Estas operaciones pueden ser realizadas mediante herramientas manuales o con la ayuda de máquinas.

En el caso concreto de los cuadros eléctricos, las operaciones de mecanizado consisten en dotar al cuadro de los orificios superiores e inferiores para la entrada y salida de cables, orificios laterales y frontales para la instalación de interruptores de mando y protección, pilotos luminosos, instrumentos de medida y otros elementos sobre la puerta, así como fijar sobre el fondo del cuadro los distintos elementos para el montaje de la aparamenta y guiado del cableado.



↑ **Figura 2.1.** Ejemplo de mecanizado interno y externo de un cuadro eléctrico.

Las etapas necesarias para realizar un buen mecanizado son:

- Marcado sobre el fondo del cuadro de los distintos elementos de sujeción de los dispositivos (canaletas y pletinas).
- Fijación al fondo del cuadro de estos elementos, realizando los orificios que sean necesarios para ello.
- Marcado sobre la puerta del cuadro de la situación de los distintos dispositivos que van a ir montados sobre ella: pilotos luminosos, interruptores, elementos de medida, etc.
- Realización de los taladros necesarios y darles la forma y dimensiones adecuadas.
- Montaje de todos los elementos y el cableado entre ellos.
- Fijación del fondo del cuadro al cuadro mediante los elementos necesarios.

Una vez que el cuadro ya tiene la forma deseada, solo queda fijarlo a la pared con los accesorios adecuados, utilizando tacos y tirafondos.

2. Herramientas de medida

Las herramientas de medida **sirven para situar adecuadamente los distintos elementos sobre el cuadro.** El objetivo es que, tanto los dispositivos, como los espacios, queden distribuidos de la mejor manera posible, de forma que una vez montado el cuadro quede con una buena presentación y respetando las normas de seguridad.

2.1. Metro

También denominado flexómetro, está formado por una fina chapa metálica sobre la que se encuentran impresas las divisiones de centímetros y milímetros. En ocasiones presentan una doble escala, en pulgadas en la parte superior y en centímetros en la parte inferior. Se enrolla en el interior de una carcasa metálica o de plástico. Es la herramienta de medida más usada debido a su flexibilidad, pequeño tamaño y facilidad de uso. Se fabrican con diversas longitudes (3 m, 5 m, 8 m, etc.).

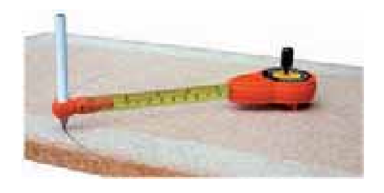




↑ **Figura 2.3.** Flexómetro y ejemplo de utilización.

saber más

Flexómetro compás: esta herramienta incorpora en su extremo un útil para insertar un lápiz para trazado de circunferencias o marcar puntos equidistantes.



↑ **Figura 2.2.** Flexómetro compás.



↑ **Figura 2.4.** Regla metálica.

2.2. Regla metálica

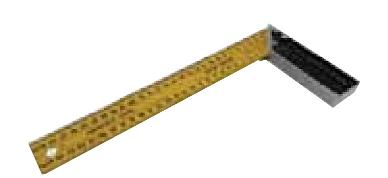
Aunque se utilizan menos para el proceso de tomar y marcar medidas, son muy útiles porque permiten el trazado de líneas rectas.

2.3. Escuadra

Es una de las herramientas de medida más útil, no solo para medir, sino para trazar líneas a 90° y a 45° respecto a un tablero. Además con ellas se puede comprobar la perpendicularidad entre dos elementos.

Se fabrican con diversas longitudes (250 mm, 300 mm, 400 mm, etc).

Existen otro tipo de escuadras que permiten trazar líneas a otros ángulos distintos de 45° y 90°, pero su utilización es menos frecuente. Se denominan falsas escuadras, y se puede variar el ángulo de trazado moviendo la pieza central y haciéndola coincidir con las marcas de cada indicación.



↑ **Figura 2.5.** Escuadra,



↑ **Figura 2.6.** Falsa escuadra (VOGEL).

2.4. Calibre

El calibre, también llamado «pie de rey», es un instrumento de medida que ofrece una precisión mucho mayor que las reglas y los flexómetros. **Se utiliza para medir piezas y orificios de pequeño tamaño, donde la exactitud de la medida es importante.**

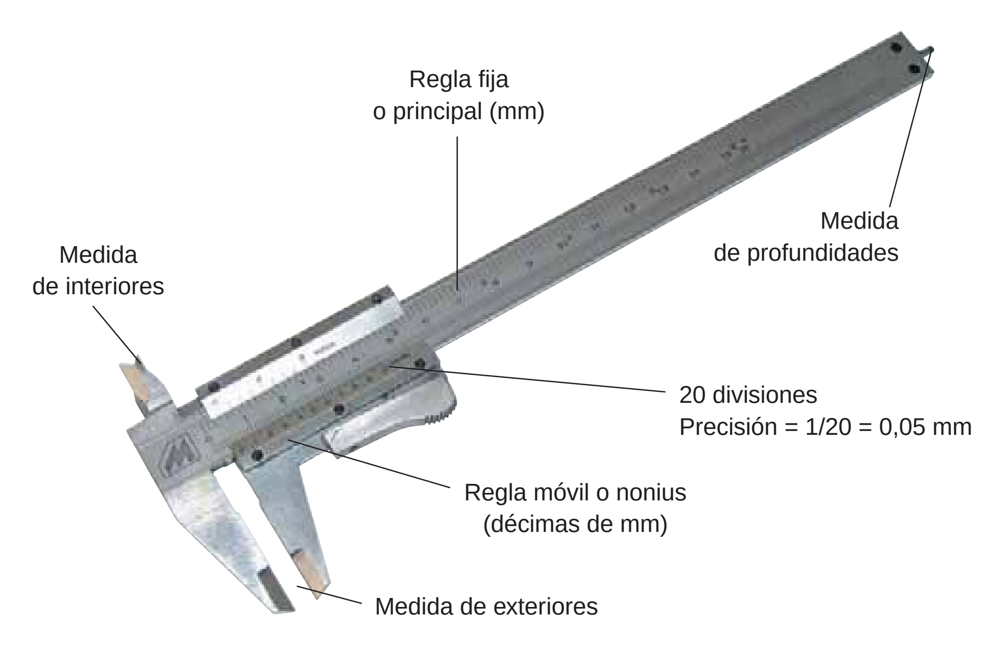
caso práctico inicial

El calibre permite medir con precisión el diámetro de los elementos circulares que se instalarán en el cuadro eléctrico

Consta de una pieza, con una escala graduada, fija, y otra pieza, con una graduación distinta, que se desliza sobre la anterior, también denominada **nonius** (nonio). El número de divisiones que presente el nonius determina la precisión del calibre de acuerdo a la siguiente expresión:

Precisión = 1/N° de divisiones

Con un calibre se pueden medir interiores de piezas (diámetro de un taladro), dimensiones exteriores (diámetro de un tornillo) y profundidades.



↑ **Figura 2.7.** Partes de un calibre.

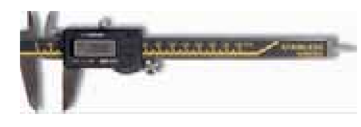




↑ **Figura 2.8.** Ejemplo de medida de interiores, profundidades y exteriores.

saber más

Cada vez se utilizan más calibres digitales, en los que no es necesario contar divisiones, sino que disponen de un *display* digital en el que se indica directamente la medida.



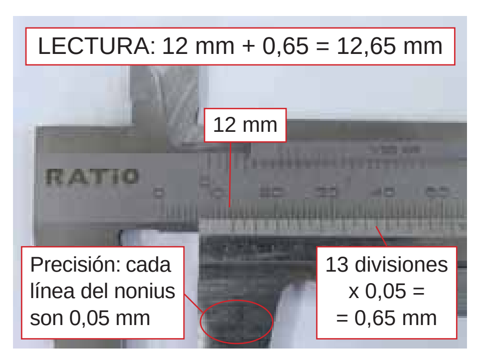
↑ **Figura 2.9.** Calibre digital (STAINLESS).

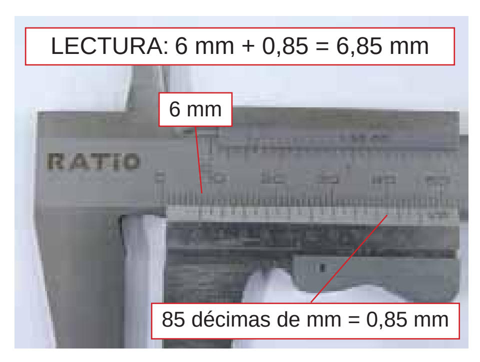
Para realizar una medida, se desliza el nonius sobre la escala principal. Con la escala fija se miden los milímetros y gracias al nonius se pueden apreciar hasta décimas de milímetro.

Para interpretar la lectura se siguen estos pasos:

- Busca el cero del nonius y cuenta los milímetros que en la escala fija quedan a la izquierda.
- Busca una coincidencia (la mejor posible) entre las líneas de ambas escalas.
- Cuenta las divisiones en la escala móvil hasta el punto donde se produce dicha coincidencia y multiplícalas por la precisión, obteniendo así las décimas de mm.

- La lectura total es la suma de las dos: mm de la escala fija y décimas de mm de la escala móvil.





↑ **Figura 2.10.** Dos ejemplos de medida con el calibre.

3. Herramientas de trazado y marcaje

Mediante la operación de trazado, lo que se hace es realizar todas las marcas necesarias para el mecanizado de las superficies del cuadro, señalando los lugares donde irán colocados los aparatos, los centros de los taladros, etc.



↑ **Figura 2.11.** Dos modelos de puntas de trazar (DRAPER).

3.1. Punta de trazar

Está formada por una varilla de acero terminada en punta afilada. Con esta punta se pueden hacer marcas sobre la chapa que se va a mecanizar, indicando la posición de los distintos elementos o el lugar donde posteriormente habrá que hacer un taladro.



↑ **Figura 2.12.** Diferentes tipos de granetes.

3.2. Granete

El granete también sirve para realizar marcas, y suele utilizarse en materiales con una dureza considerable. Está terminado en punta, pero en este caso es menos afilada que la de la punta trazadora. El otro extremo es más ancho y plano, preparado para ser golpeado con un martillo en caso necesario.

Se suele utilizar para puntear los inicios de taladros.



↑ **Figura 2.13.** Compás de trazar.

3.3. Compás de trazar

Sirve para medir y trasladar distancias. Además con él se pueden trazar circunferencias sobre el metal.

ACTIVIDADES

1. Busca en internet diferentes modelos de granetes y puntas de trazar existentes en el mercado.
2. Busca en internet si todos los nonios son del mismo tamaño y el mismo número de divisiones. ¿Qué importancia tiene esto en la medida?

4. Técnicas de mecanizado

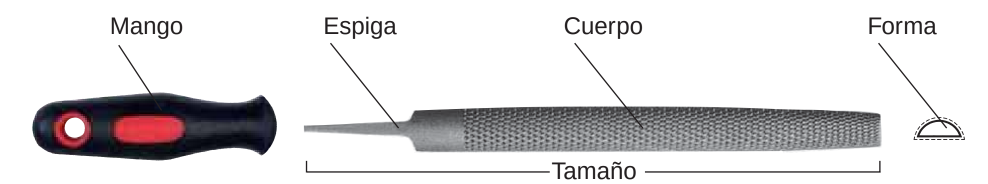
4.1. Limado

Mediante la operación de limado se eliminan las rebabas y virutas que se originan cuando se realiza una operación de serrado o taladrado. Es decir, se trata de que la superficie quede lo más lisa posible y sin ninguna arista cortante. También puede ser utilizada como elemento de desbastado (eliminar material sobrante).

La lima es una herramienta manual que está compuesta por un cuerpo de acero con una superficie lo más rugosa posible (picado), encajada en un mango de madera o plástico.

seguridad

Para utilizar estas herramientas, sigue las indicaciones dadas en las fichas de seguridad del final del libro.



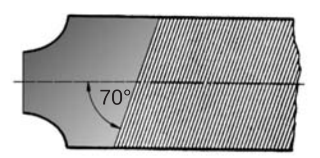
↑ **Figura 2.14.** Elementos que constituyen una lima.

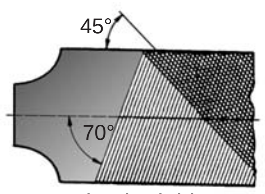
Las características que definen una lima son:

- **Tamaño:** longitud de la lima expresada en pulgadas.
- **Forma:** sección transversal del cuerpo de la lima.



↑ **Figura 2.16.** Distintos tipos de limas.





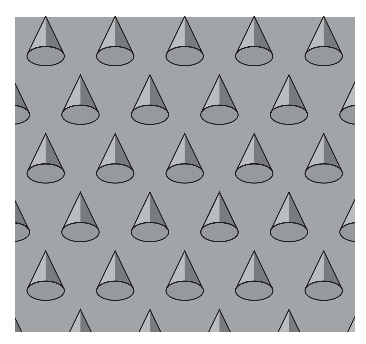


↑ **Figura 2.15.** Picado en las limas.

- **El picado:** se denomina así a la forma que tiene la superficie de la lima. En función del tipo, el limado será más basto o más fino. Se pueden distinguir tres tipos: sencillo, doble y especial.

saber más

Las denominadas **limas escofinas** tienen picado muy pronunciado y solamente se utilizan para materiales blandos y madera.



↑ **Figura 2.17.** Picado lima escofina.

4.2. Aserrado

Serrar consiste en dividir una pieza en dos mediante la herramienta denominada sierra. La hoja de la sierra dispone de dientes, que al penetrar en la pieza a cortar van poco a poco arrancando material, hasta llegar a cortarla completamente.

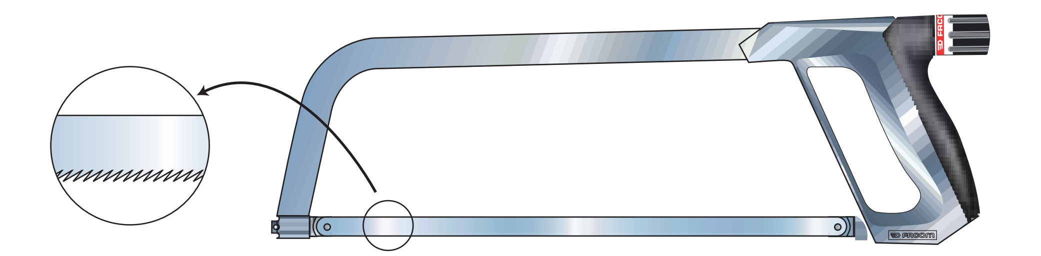
Sierra manual

Básicamente está formada por un soporte en forma de arco, que contiene un mango o elemento destinado para sujetar la herramienta, y por la hoja de sierra, que va atornillada al soporte.

La forma y número de los dientes, y el material de la hoja de sierra, serán función del material para el cual están destinados. **Las hojas de sierra para metal tienen los dientes muy finos y deben estar orientados hacia adelante.**



↑ **Figura 2.18.** Sierra manual.



↑ **Figura 2.19.** Orientación de los dientes en la hoja de sierra.

seguridad

Para utilizar estas herramientas, sigue las indicaciones dadas en las fichas de seguridad del final del libro.

Sierra eléctrica de calar

La sierra de calar es una herramienta eléctrica. La hoja de sierra va colocada verticalmente, y gracias a la energía eléctrica, se mueve rápidamente hacia arriba y hacia abajo. Algunos modelos también tienen un movimiento hacia delante y hacia atrás para acelerar el corte. Es una herramienta muy versátil, ya que cambiándole la hoja se puede cortar madera, plástico o metal, pero a la vez puede ser una herramienta muy peligrosa si no se utiliza adecuadamente. Su uso requiere utilizar equipos de protección individual como gafas y guantes protectores.

caso **práctico** inicial

La sierra de calar es una herramienta adecuada para realizar orificios cuadrangulares en la puerta del cuadro.



↑ **Figura 2.20.** Dos tipos de sierras de calar con hojas de distintas características (cortesía FEIN).

saber más

Para facilitar la operación del serrado, y evitar que la hoja se rompa, los dientes de las hojas de sierra suelen estar inclinados hacia los lados alternativamente. A este efecto se le denomina **triscado.**



↑ **Figura 2.21.** Dientes de sierra inclinados.

En otras ocasiones, sobre todo cuando los dientes son muy pequeños, el mismo efecto se consigue haciendo que el filo de la hoja tenga forma ligeramente ondulada.



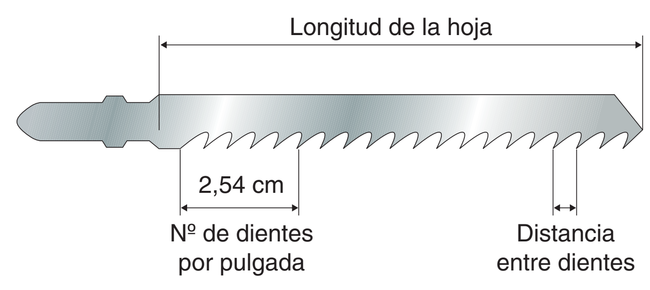
↑ **Figura 2.23.** Filo de la hoja inclinado.

Las hojas de sierra

Son el útil de corte de las sierras de calar. Es importante elegir la hoja de sierra adecuada para el material que se va a cortar, distinguiéndose así entre hojas de sierra para madera, hojas de sierra para metal y hojas de sierra para otros materiales más blandos, como plástico o corcho.



↑ **Figura 2.22.** Hojas de sierra para madera blanda, madera dura, metales y cerámica (BOSCH).



↑ **Figura 2.24.** Características de una hoja de sierra de calar.

Las características que definen una hoja de sierra son:

- **Longitud de la hoja:** suele estar comprendida entre 50 y 100 mm, y se elige en función del grosor del material a cortar.
- **Tamaño de los dientes:** los fabricantes suelen expresar esta medida de dos formas:
  – Nº de dientes por pulgada (2,54 cm).
  – Distancia entre dientes, medida de punta a punta.

En general se puede decir que cuanto más pequeño sea el dentado, obtendremos un corte más fino, y cuanto más grande, la velocidad de corte será mayor.



↑ **Figura 2.25.** Roedora.

Roedora

Herramienta utilizada para cortar metales de forma tanto recta como curva. Se utiliza cuando hay que realizar orificios de grandes dimensiones, que son imposibles de realizar con brocas o coronas.



↑ **Figura 2.27.** Uso de la roedora para hacer un orificio de grandes dimensiones en chapa.



↑ **Figura 2.26.** Taladro de mano.

Taladrado

Mediante la operación de taladrado se realizan agujeros en la chapa con una herramienta eléctrica denominada taladro. Al taladro se le acopla la **broca**, que es un elemento giratorio que tiene unas aristas cortantes dispuestas de manera helicoidal, que poco a poco van extrayendo virutas de material hasta que lo traspasa, finalizando de esta manera el orificio.

Se tiene que utilizar siempre una broca con una dureza acorde al material que se quiere taladrar. Además el diámetro de la broca también tendrá que coincidir con el diámetro del orificio que se quiere realizar.

A veces también es necesario realizar un taladrado para poder introducir la hoja de la sierra de calar cuando los orificios son muy grandes.

Los dos tipos de taladros que vas a encontrar habitualmente son:

- **Taladro eléctrico de mano:** es portátil y permite hacer orificios en cualquier dirección.
- **Taladro de columna:** es un taladro fijo, en el cual solamente es posible realizar movimientos arriba y abajo para realizar el taladrado. Dispone de una mesa o apoyo para colocar y sujetar la pieza a taladrar.

saber más

La mayoría de los taladros de mano de uso genérico disponen de una palanca que permite conmutar entre funcionamiento normal y con percutor.

El segundo modo se utiliza para taladrar en paredes.



↑ **Figura 2.28.** Palanca del percutor.





← **Figura 2.29.** Taladro de columna (AYERBE).

Brocas

Las principales características que definen una broca son: longitud total, longitud de corte, diámetro de corte, número de hélices, profundidad de las hélices, ángulo de la hélice, material constructivo…

En este apartado nos ocupamos únicamente de las brocas para metales, ya que son las que vas a utilizar en el mecanizado de cuadros eléctricos.

Estas brocas son del tipo helicoidal, están hechas de acero rápido (también llamado HSS) y su calidad depende del tipo de aleación utilizada y del método de fabricación.

Los tipos más frecuentes son:

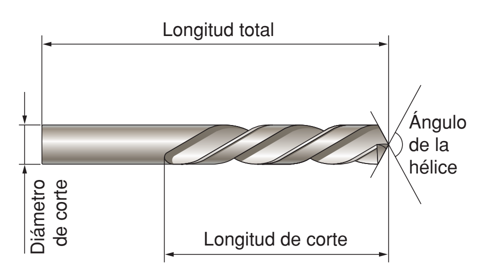
- **HSS laminada:** es la más barata y la que menos dura. Se utiliza en metales y plásticos en los que no se requiere gran precisión.
- **HSS rectificada:** tiene mayor precisión y mayor duración. Se emplea para todo tipo de metales.
- **HSS titanio rectificada:** están recubiertas con una aleación de titanio lo que hace que tengan gran precisión. Se pueden taladrar materiales como el acero inoxidable.
- **HSS cobalto rectificada:** recubiertas con una aleación de cobalto, son las brocas de mejor calidad, permitiendo el taladrado de los metales más duros. Disipan el calor con mayor facilidad.

seguridad

Para utilizar estas herramientas, sigue las indicaciones dadas en las fichas de seguridad del final del libro.

caso práctico inicial

Las brocas para metales son las más apropiadas para taladrar el cuadro de obra propuesto en el caso inicial.



↑ **Figura 2.30.** Algunas características de las brocas.



↑ **Figura 2.31.** Dos tamaños de broca para metal.

saber más

Las brocas se suelen vender en juegos que incluyen distintos tamaños.



↑ **Figura 2.32.** Juego de brocas (IZAR).

Coronas

Se utilizan cuando se tienen que realizar orificios de gran diámetro. Están formadas por una broca convencional central, fijada sobre un husillo, que sirve para el guiado y centrado del agujero, y alrededor una corona dentada que al girar es la que realiza el corte con el diámetro deseado. Se fabrican de diversos tamaños.



↑ **Figura: 2.33.** Corona montada, detalle de broca central y dos tamaños de coronas.

Broca escalonada (fresa)

Es una única broca que se puede utilizar para realizar taladros de diferentes diámetros. Cuando se utiliza hay que tener la precaución de introducir la broca solo hasta el punto donde se encuentra la medida elegida. Es conveniente utilizar topes para no sobrepasar esta medida.



↑ **Figura 2.34.** Broca escalonada.



↑ **Figura 2.35.** Uso de broca escalonada en cuadro eléctrico.



↑ **Figura 2.36.** Juego de machos de roscar.

4.3. Roscado

El roscado es una **operación de mecanizado interior de orificios o agujeros en forma de hélice,** siendo el objetivo, poder acoplar posteriormente un tornillo o perno roscado, en otras palabras, dotar a un taladro de rosca interior.

Esta operación se suele realizar de forma manual, utilizando los denominados «machos de roscar», que son herramientas, que poco a poco van arrancando el material necesario para conformar la rosca.

Los machos de roscar se venden en conjuntos de tres, que se harán pasar, haciéndolos girar, sucesivamente por el taladro hasta conseguir el acabado deseado. Para ello se acoplan al portamachos o bandeador, que permite hacer palanca con las dos manos y provocar el giro.

- El primer macho es el que inicia y guía la rosca. Tiene poco diámetro en la punta y solo marca los hilos de la rosca.
- El segundo elimina la mayoría de material de la rosca. Tiene un diámetro en la punta un poco mayor.



↑ **Figura 2.37.** Bandeador de tamaño reducido.

- Por último, el tercer macho es el que acaba y le da las dimensiones finales a la rosca. Es el de mayor diámetro en la punta y el que presenta la rosca más pronunciada.

Si el macho se atasca, tienes que girar un poco hacia atrás y después seguir avanzando.





↑ **Figura 2.39.** Macho de roscar acoplado al bandeador y operación de roscado.

saber más

En el mercado existen roscadoras eléctricas



↑ **Figura 2.38.** Roscadora eléctrica (FEIN).

4.4. Punzonado

El punzonado es una técnica de mecanizado que **consiste en hacer orificios en una chapa metálica mediante una herramienta que está formada por dos piezas: el punzón y la matriz.**

El punzón es el elemento encargado de ejercer la presión sobre la chapa y la matriz, también denominada cabeza de corte, es la que le da la forma final al orificio. Es necesario que matriz y punzón estén uno por cada lado de la chapa, por lo que será necesario realizar un taladro previo.

Cuando se aplica una fuerza sobre el punzón, la matriz poco a poco va deformando la chapa, hasta que finalmente la corta y la pieza sobrante es expulsada.

Las **ventajas** que puede presentar la técnica de punzonado sobre otras es: menores rebabas y deformaciones, cortes más limpios, más precisión en las medidas y no produce virutas, lo que favorece la limpieza en el puesto de trabajo.

La matriz se comercializa con diversas formas y tamaños, pudiendo hacer así diferentes tipos de orificios



↑ **Figura 2.40.** Distintas formas de una matriz para punzonada.

caso práctico inicial

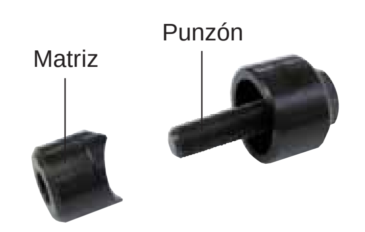
Las punzonadoras son las herramientas ideales para realizar los orificios para los pilotasen la puerta del cuadro.

Punzonadora manual o sacabocados

La fuerza de presión sobre el punzón se realiza de manera manual, haciendo girar el punzón mediante una llave fija o inglesa.

Punzonadora hidráulica

En ocasiones, el punzón se acopla a una herramienta externa (punzonadora hidráulica) que, mediante la acción de un pistón, es la encargada de generar la fuerza de presión para el corte de la chapa.





↑ **Figura 2.41.** Punzonadora manual o sacabocados.

saber más

También existen en el mercado punzonadoras eléctricas



↑ **Figura 2.43.** Punzanadora eléctrica (HAUPA).

saber más

En el mercado existen distintos tipos de remachadoras.



↑ **Figura 2.44.** Remachadora de palanca (BÖLLHOFF).



↑ **Figura 2.45.** Remachadora extensora (BÖLLHOFF).



↑ **Figura 2.47.** Remachadora oleoneumática (BÖLLHOFF).





↑ **Figura 2.42.** Punzonadora hidráulica y sus accesorios.

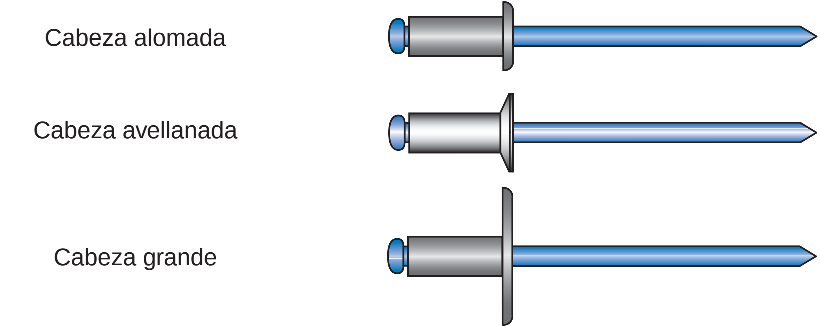
4.5. Fijación de elementos

A la hora de montar un cuadro es necesario unir elementos, como raíles y canaletas, por ejemplo, al fondo del cuadro. Estas uniones pueden ser fijas (remachado) o desmontables (atornillado), en función de las futuras necesidades previstas. Se consideran desmontables, cuando para su separación no es necesario romper el elemento de unión, y fijas en caso contrario.

Remachado

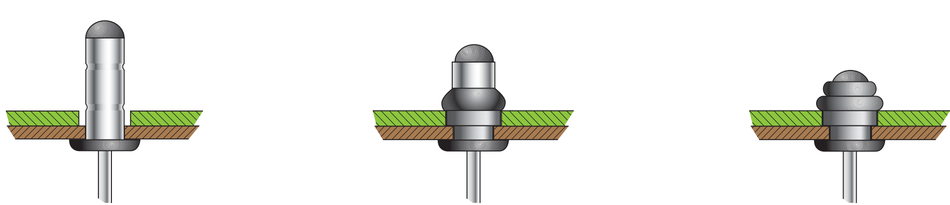
Se llama remachado a la unión de dos o más piezas, que pueden ser de materiales diversos, por medio de un remache.

Un remache es un elemento que consta de un cuerpo cilíndrico o también llamado espárrago y una cabeza en uno de sus extremos. Pueden tener diversas formas, y pueden ser macizos o huecos. Son de materiales blandos (normalmente aluminio) para permitir su fácil deformación.



↑ **Figura 2.46.** Principales tipos de remaches.

Para realizar el remachado, se introduce el remache en los orificios que previamente se habrán realizado en las piezas a unir. Aplicando una fuerza, se deforma el espárrago hasta conseguir otra cabeza en el extremo que no la tenía, quedando así el conjunto firmemente fijado.



↑ **Figura 2.48.** Proceso de remachado.

La operación de remachado se puede realizar a mano, aplicando la fuerza mediante un martillo, por ejemplo, aunque no es lo más frecuente.

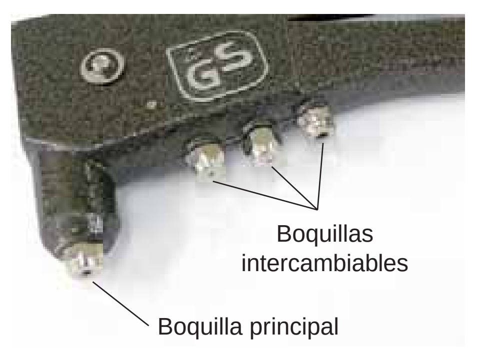
La **remachadora** es una herramienta manual usada para fijar remaches de manera muy sencilla. Dispone de varias boquillas de varios diámetros que son intercambiables. Hay que colocar siempre la boquilla que coincide con el diámetro del espárrago del remache.



↑ **Figura 2.49.** Remaches.



↑ **Figura 2.50.** Remachadora manual.







↑ **Figura 2.51.** Detalles de una remachadora.

Atornillado

Mediante la utilización de tornillos y tuercas se pueden unir piezas de manera no permanente. Se utilizará esta técnica cuando sea previsible la separación de manera frecuente de las piezas.

A continuación se describen los tipos de tornillería más utilizada en el montaje de cuadros eléctricos:

- **Tornillo más tuerca:** consiste en el empleo de un tornillo habitual junto con una tuerca. En ocasiones también es necesario intercalar arandelas. A veces también se utilizan tuercas especiales (tuercas de seguridad) para que la unión no se afloje.
- **Tornillo roscachapa:** son tornillos de paso ancho que a la vez que se introducen, van realizando la rosca en la chapa, quedando perfectamente unidos a ella. El orificio para pasar un tornillo roscachapa, siempre debe hacerse con una broca de diámetro inferior al del ancho del cuerpo del tornillo.



↑ **Figura 2.52.** Tornillos con tuerca y arandelas.



↑ **Figura 2.53.** Tornillos roscachapa.

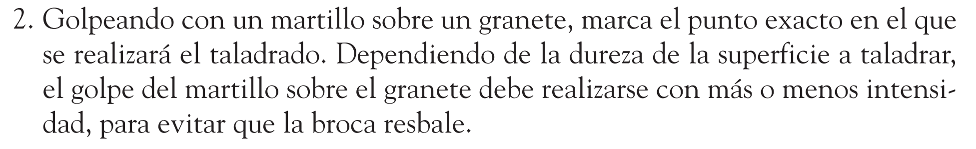
5. Técnicas para el mecanizado de cuadros eléctricos y sus accesorios

5.1. Taladrado en superficies metálicas

1. Midiendo con un metro, regla o escuadra graduada, y utilizando un rotulador indeleble, un lapicero o una punta de trazar, marca el punto en el lugar en el que se debe realizar el orificio.




↑ **Figura 2.54.** Medida y marcado del punto de taladrado.



caso práctico inicial

Con el granate evitamos que la broca resbale.

2. Golpeando con un martillo sobre un granete, marca el punto exacto en el que se realizará el taladrado. Dependiendo de la dureza de la superficie a taladrar, el golpe del martillo sobre el granete debe realizarse con más o menos intensidad, para evitar que la broca resbale.

seguridad

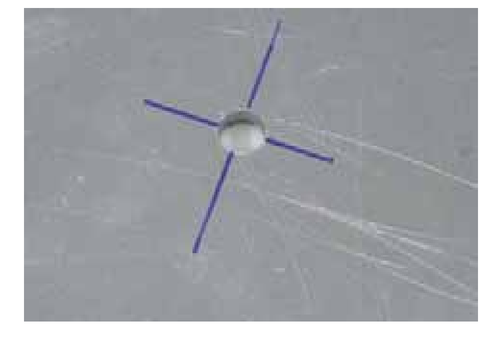
Ten en cuenta las pautas que se marcan para en el uso de herramientas en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

No olvides utilizar los equipos de protección personal adecuados para cada una de las técnicas de mecanizado vistas en esta unidad.




↑ **Figura 2.55.** Marcado con granete.

3. Utilizando un taladro de mano o de sobremesa, apoya la broca sobre el punto marcado y taladra. Importante: el taladrado de superficies metálicas debe realizarse sin percutor.

↑ **Figura 2.56.** Taladrado.



5.2. Taladrado de orificios de gran diámetro (más de 6 mm) en superficies metálicas

1. Siguiendo los pasos vistos anteriormente, realiza un taladro previo con una broca no superior a 6 mm de diámetro.
2. Cambia la broca de 6 mm por la broca definitiva y taladra sobre el orificio realizado anteriormente.
3. Si el orificio es de gran diámetro (más de 12 mm), para evitar que la broca se caliente y se boquee en la operación, será necesario utilizar una broca intermedia antes de pasar la definitiva.





↑ **Figura 2.57.** Taladrado de orificios de gran diámetro.

5.3. Punzonado manual

1. Desmonta la pieza matriz del punzón.





↑ **Figura 2.58.** Preparación del punzón.

2. Con un calibre, mide el diámetro del tornillo guía.
3. Elige una broca medio número superior a este diámetro.





↑ **Figura 2.59.** Elección de broca para el espárrago del punzón.

4. En la superficie a punzonar, marca el punto en la que se realizará el orificio.
5. Pasa una broca previa de unos 6 mm de diámetro.
6. Cambia esta broca por la definitiva en el taladro y pásala por el orificio que has realizado anteriormente.

7. Pasa el tornillo guía por el orificio.




↑ **Figura 2.60.** Roscado de la matriz del punzón en el orificio del cuadro.

8. Rosca a mano todo lo que puedas la pieza de corte hasta que el conjunto no se mueva.
9. Utilizando una llave fija o una llave inglesa, aprieta sobre la cabeza del punzón hasta que corte completamente la chapa.
10. Desmonta el punzón y retira el material sobrante.




↑ **Figura 2.61.** Operación de perforado.

5.4. Punzonado con herramienta hidráulica

1. Sigue los pasos estudiados en la técnica de punzonado manual, para realizar el orificio por el que debe pasar el tornillo guía.
2. Introduce el tornillo en el orificio y aprieta manualmente la pieza de corte hasta que quede completamente inmóvil.




↑ **Figura 2.62.** Roscado de la matriz de la punzonadora hidráulica.

3. Manteniendo la punzonadora perpendicularmente a la chapa a cortar, comienza a presionar el gatillo hasta que se realice el corte.
4. Retira el material sobrante de la boca de la punzonadora.




↑ **Figura 2.63.** Operación de peforado con punzonadora hidráulica.

5.5. Taladrado de superficies metálicas con coronas perforadoras

1. Siguiendo las técnicas vistas anteriormente, marca el punto en el que se realizará el orificio.
2. Coloca la corona de diámetro adecuado en el husillo.




↑ **Figura 2.64.** Fijación de la corona en el husillo.

3. Fija el conjunto en el taladro.
4. Coloca la broca piloto en el punto marcado.
5. Taladra hasta que la broca perfore completamente la chapa.
6. Continua taladrando con la corona manteniéndola vertical con la chapa a perforar.
7. Una vez realizado el orificio, retira el material sobrante del interior de la corona, teniendo la precaución de no tocarlo con las manos justo después de hacer el taladro ya que puede estar muy caliente.




↑ **Figura. 2.65.** Perforado con corona.

5.6. Fijación de raíles normalizados con remachadora

1. Con una regla o escuadra, marca la línea que se utilizará como guía para colocar el raíl.
2. Sitúa el raíl sobre la línea y con un rotulador o lapicero, marca los puntos de taladrado.
3. Con el calibre, mide el diámetro de cuerpo del remache.
4. Elige una broca de ese diámetro o medio número más.

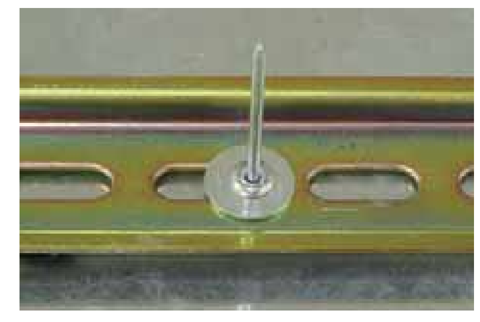




↑ **Figura 2.66.** Elección de broca para diámetro de remache.

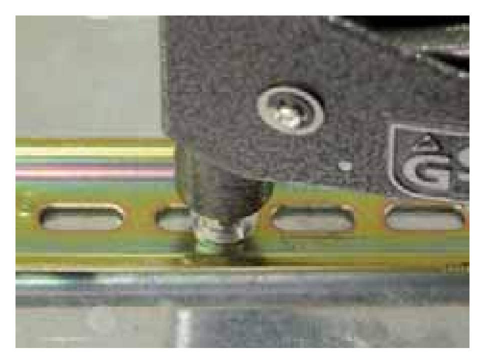
5. Pon la broca en el taladro y realiza los orificios en la chapa metálica.
6. Coloca el raíl sobre la línea y pon los remaches en los orificios. Si los raíles se encuentran perforados, puede ser necesario que necesites colocar una arandela en el cuerpo del remache, para evitar que la cabeza pase por el orificio.





↑ **Figura 2.67.** Colocación de arandelas en cabeza de remachado.

7. Pon la boca adecuada en la remachadora e introdúcela sobre el espárrago del remache que está en el orificio.
8. Actúa sobre la manivela de la remachadora hasta que el espárrago se parta.

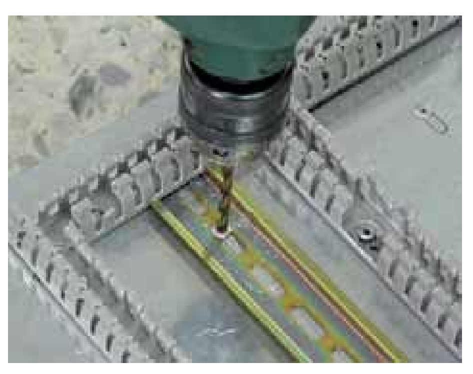




↑ **Figura 2.68.** Remachado del raíl en el fondo del cuadro.

5.7. Quitar remaches

1. Fíjate en la cabeza del remache a retirar.
2. Elige una broca de un diámetro de unos 2 mm inferior.
3. Coloca la broca en el taladro.
4. Sitúala en la cabeza del remache y taladra sobre ella hasta que el remache salga por completo.
5. Con el taladro desconectado de la red eléctrica, retira el material sobrante de la broca. No realices esta operación nada más retirar el remache, ya que puede estar excesivamente caliente.





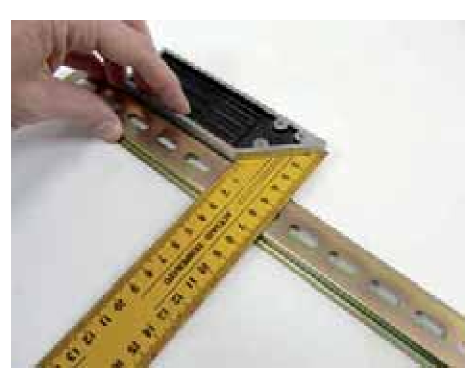
↑ **Figura 2.69.** Taladrado para retirar remache.

seguridad

Utiliza gafas protectoras siempre que realices orificios con taladro eléctrico.

5.8. Corte de perfiles normalizados

1. Con un flexómetro o regla, mide el tramo del raíl a cortar.
2. Apoya la escuadra de tal forma que uno de sus lados quede a 90 grados del eje del raíl.
3. Marca una línea perpendicular.





↑ **Figura 2.70.** Marcado en raíl.

4. Sujeta el raíl en un tornillo de banco, teniendo la precaución que el cuerpo queda verticalmente entre las mordazas del mismo.
5. Asegúrate que la línea de corte marcada sobre el raíl, queda separada solamente un par de centímetros de la boca del tornillo de banco.
6. Realiza el corte con un arco de sierra.



↑ **Figura 2.71.** Forma incorrecta de sujetar el raíl en el tornillo de banco.

7. Si es necesario, remata los bordes de raíl utilizando una lima o una esmeriladora eléctrica.





↑ **Figura 2.72.** Corte del raíl.



↑ **Figura 2.73.** Esmerilado del borde del raíl.

5.9. Ingleteado de canaletas

1. Corta los dos tramos de canaleta con los que se va a realizar la esquina.
2. En uno de ellos, apoya el inglete de la escuadra sobre el borde de la canaleta o tapa.
3. Con un lapicero o rotulador, marca la línea de corte a 45°.
4. Haz lo mismo en un extremo del otro trama con el orientando el ángulo de 45° en sentido contrario







↑ **Figura 2.74.** Marcado de canaleta con ayuda del inglete de la escuadra.

5. Apoya las canaletas o tapas sobre una mesa y realiza el corte con un arco de sierra.
6. Si es necesario, utiliza una lima para eliminar imperfecciones en el punto de corte.




↑ **Figura 2.75.** Corte de canaleta y eliminación de rebaba.

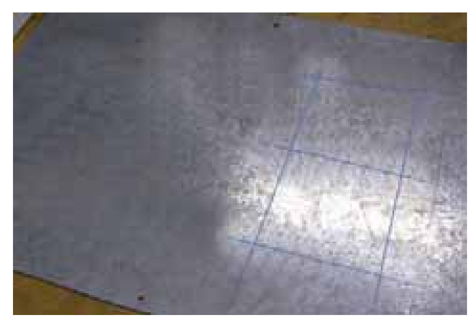
7. Fija con remaches o tirafondos las bases de la canaleta en fondo del cuadro, asegurándote hacer una esquina perfecta entre los dos tramos.
8. Haz lo mismo con las tapas.




↑ **Figura 2.76.** Unión de canaletas y tapas en inglete.

5.10. Taladrado múltiple en forma de matriz (3x2) para aparamenta circular

1. Utilizando una regla o flexómetro, localizar el centro vertical del cuadro.
2. Dibujar en ese punto una línea vertical paralela a los laterales del cuadro.
3. Marcar dos líneas paralelas, una a la izquierda y otra a la derecha de la dibujada anteriormente, separadas lo suficiente para que los elementos no estén demasiado juntos y se pueda trabajar con facilidad entre ellos.
4. En la mitad superior del cuadro, dibujar dos líneas horizontales que corten con las dibujadas anteriormente, siguiendo el mismo criterio en la separación que el punto anterior.
5. Utilizando las técnicas de mecanizado ya estudiadas, realizar los taladros para la aparamenta circular.




↑ **Figura 2.77.** Matriz de taladros.

5.11. Realización de orificios de tipo cuadrado o rectangular para aparatos de medida para cuadro

seguridad

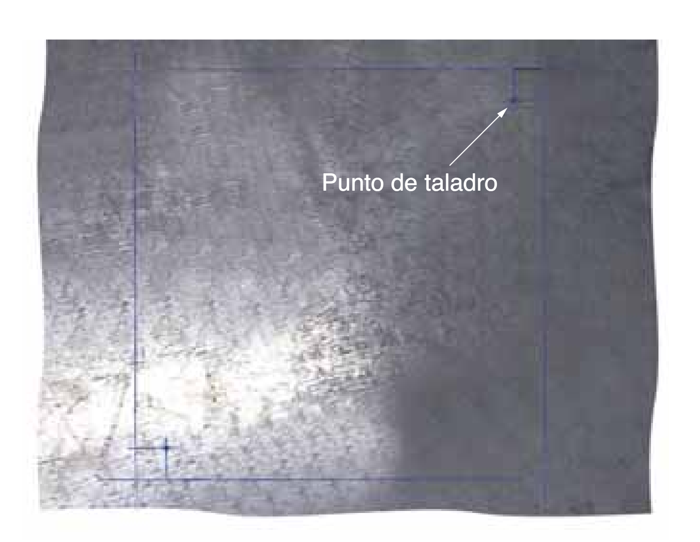
Para utilizar la sierra de calar es necesario que utilices guantes y gafas protectoras.

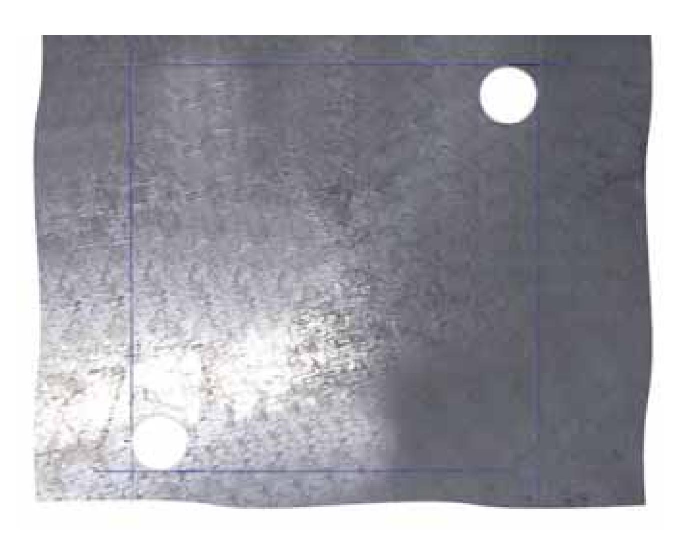
1. Con un calibre, mide los lados del cuerpo interior del aparato de medida.
2. Utilizando instrumentos de medida y marcado, dibuja sobre la tapa del cuadro el perímetro de aparato. Ten la precaución que todos los lados del rectángulo están paralelos entre sí y con los bordes de la tapa del cuadro.




↑ **Figura 2.78.** Medir y dibujar el perímetro del aparato de medida.

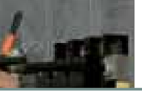
3. Pon una hoja para cortar metales en la sierra de calar.
4. Mide el ancho de la hoja de sierra con el calibre.
5. Elige una broca ligeramente superior del ancho de lo hoja de sierra.
6. Utilizando la medida del radio de la broca, dibuja dos líneas perpendiculares partiendo de dos de los vértices opuestos del rectángulo.
7. Con un granete, marca el punto de intersección de estas líneas.
8. Teniendo en cuenta las técnicas de taladrado vistas anteriormente, realiza dos orificios en dichos puntos para que pase por ellos la hoja de la sierra.





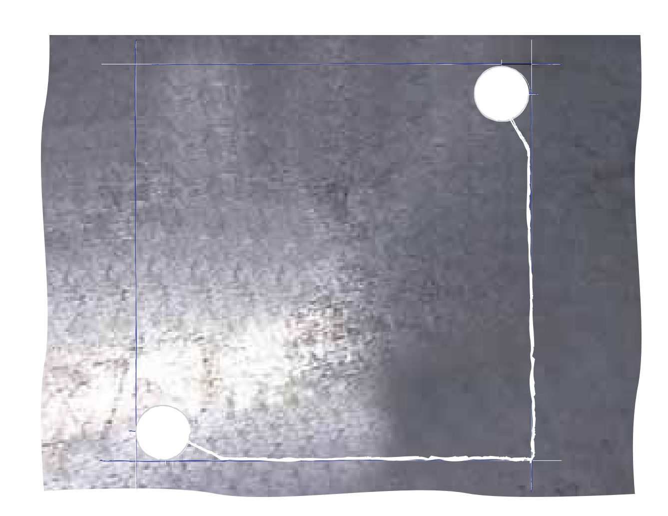
↑ **Figura 2.79.** Marcado y taladrado.

9. Introduce la hoja de la sierra en uno de los orificios.
10. Apoya por completo la base de la sierra de calar sobre la tapa del cuadro y presiona el interruptor de puesta en marcha de la máquina.



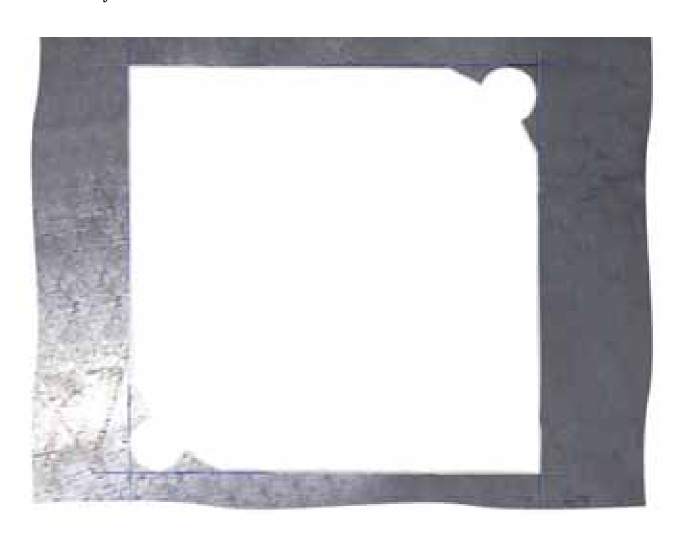
11. Desplaza la hoja de la sierra por la línea marcada hasta llegar a la esquina opuesta. Procura hacer el corte siempre por el interior del rectángulo.
12. Haz lo mismo desde el otro orificio hasta coincidir con el final del corte anterior.

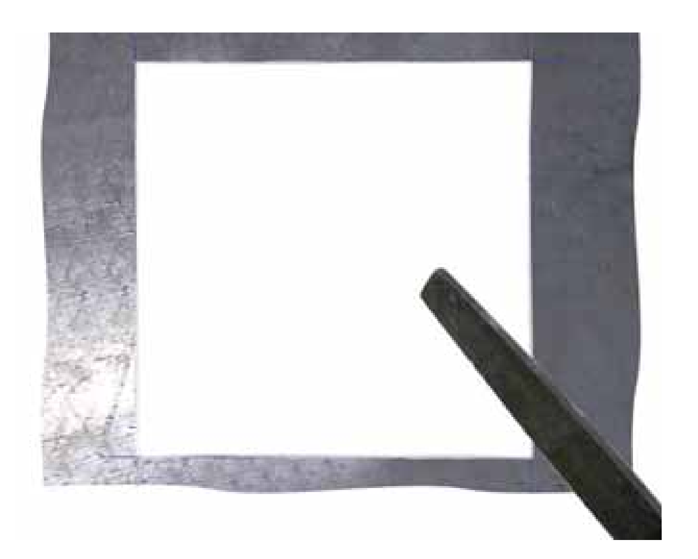




↑ **Figura 2.80.** Corte con la sierra de calar.

13. Repite la operación para la otra esquina del rectángulo.
14. Después de realizar los dos últimos cortes, retira el material del interior del rectángulo.
15. Con la sierra de calar, retira el material sobrante en los vértices de las esquinas en las que se hicieron los taladros.
16. Una vez realizado por completo el orificio del rectángulo, prueba si el instrumento de medida pasa por su interior. Si no es así, utiliza una lima para realizar el ajuste fino.





↑ **Figura 2.81.** Ajuste fino del orificio rectangular.



ACTIVIDADES FINALES

1. Realiza el montaje de la Práctica Profesional que aparece al final de esta unidad.

2. Elige un cuadro metálico tipo cofre y mecaniza su puerta para alojar diferentes aparatos eléctricos según se muestra en la figura.

   Utiliza las diferentes herramientas y técnicas que has estudiado en esta unidad.

   Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro, sobre el uso adecuado de las herramientas.

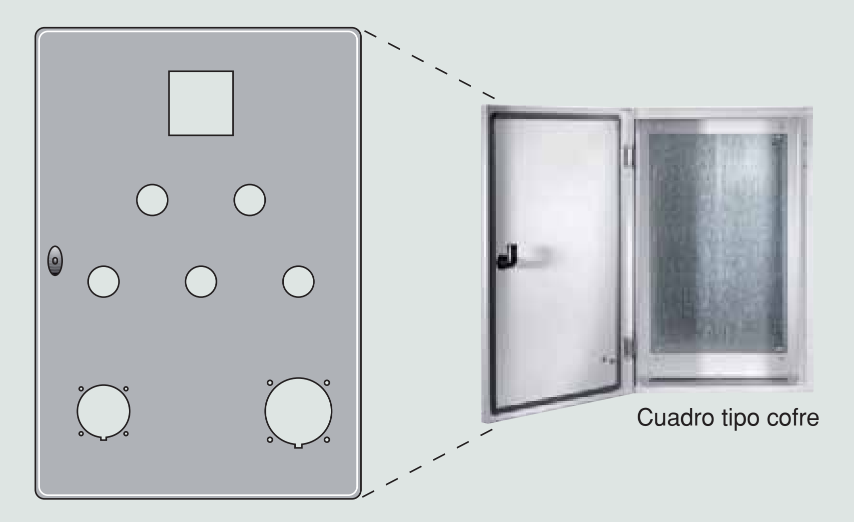


Figura 2.82.

- El cuadrado debe tener las dimensiones de un aparato de medida para cuadro (amperímetro, voltímetro, etc.).
- Los cinco orificios pequeños estarán destinados a alojar pulsadores, lámparas de señalización, interruptores rotativos, etc.
- Los dos orificios de gran tamaño se utilizarán para colocar bases de enchufe industriales. El de la izquierda para una toma monofásica y el de la derecha para una trifásica.

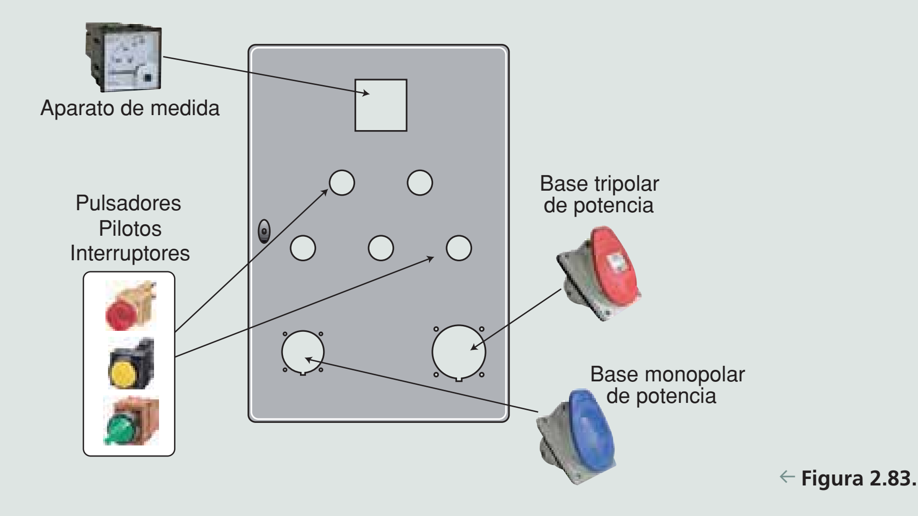
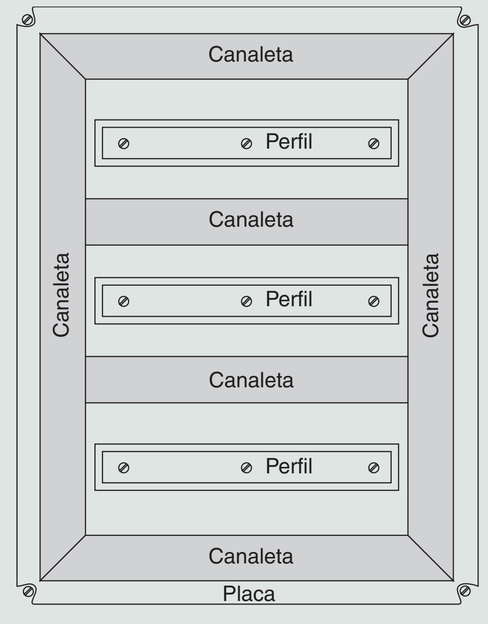


Figura 2.83.

No te preocupes si aún no sabes para qué sirven algunos de los aparatos aquí nombrados. Solamente toma sus medidas para realizar los orificios adecuadamente.

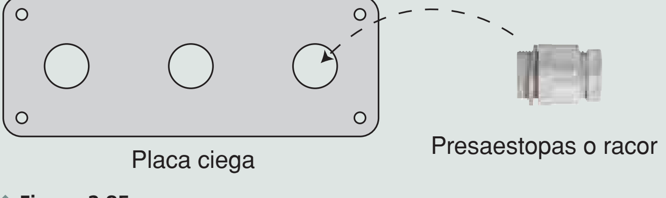


■ 3. Mecaniza el fondo del cuadro de la actividad anterior para colocar en él la canaleta y los perfiles sobre los raíles normalizados. El montaje es similar al visto en la actividad de la Práctica Profesional de esta unidad. En este caso el montaje se hace sobre un fondo de cuadro metálico.



↑ **Figura 2.84.**

■ 4. Mecaniza la placa ciega del cuadro de las actividades anteriores, para fijar en él tres prensaestopas para las salidas de cables.



↑ **Figura 2.85.**

Nota: *Si no se dispone de un cuadro eléctrico, todas las actividades aquí propuestas se pueden realizar sobre chapa galvanizada de espesor y dimensiones adecuadas.*

entra en internet

■ 5. Busca en internet los diferentes tipos de punzonadoras que existen en el mercado.

■ 6. Localiza información sobre qué es un botador y para qué se utiliza. ¿Crees que es de utilidad en el mecanizado de cuadros eléctricos?

■ 7. Haz lo mismo para la herramienta denominada micrómetro.

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Destornilladores de cabeza plana y de estrella
- Taladro eléctrico
- Brocas de diferentes diámetros
- Arco de sierra
- Tornillo de banco
- Granete
- Calibre
- Escuadra metálica
- Regla metálica
- Flexómetro
- Rotulador indeleble o lapicero
- Gafas protectoras

MATERIAL

- Panel de madera o metálico
- Tirafondos o tornillos con tuerca
- Arandelas para los tirafondos y tornillos a utilizar
- Canaleta ranurada de aproximadamente 4 cm de ancho por 6 de alto
- Raíl DIN normalizado

Montaje del panel de pruebas

OBJETIVO

Montar y mecanizar los elementos necesarios del panel de pruebas que servirá para realizar las actividades de las próximas unidades.

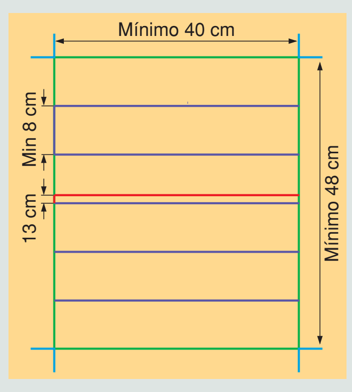
PRECAUCIONES

Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro, relacionadas con el uso de herramientas manuales y eléctricas.

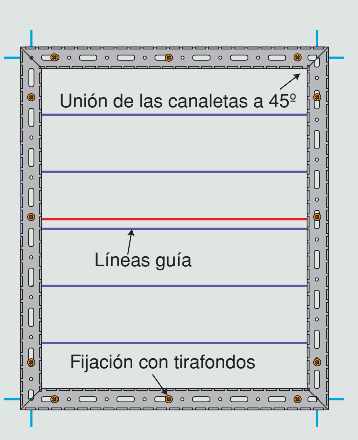
DESARROLLO

1. Sobre el panel de madera o metálico, marcar un rectángulo de 40 × 48 cm mínimo. Ten la precaución de que del lado vertical derecho al borde del tablero queda un espacio de aproximadamente 18 cm, que será necesario para colocar aparatos en las próximas actividades.
2. Divide el rectángulo en 6 partes iguales horizontales.
3. Desde la línea central hacia arriba, dibuja una paralela a 13 cm aproximadamente. Esta línea te servirá de guía para desplazar el raíl DIN en algunas actividades.
4. Si utilizas canaleta de 4 cm de ancho, corta dos tramos de 44 cm y otros dos de 52 cm.

   Nota: si utilizas otra medida de canaleta, los tramos deben tener como longitud los lados del rectángulo más el ancho de la canaleta (por ejemplo, si usas una canaleta de 5 cm de ancho, los tramos deben ser de 45 y 53 cm respectivamente).
5. Siguiendo las pautas mostradas en las técnicas de mecanizado estudiadas en esta unidad, corta en inglete de 45° los extremos de la canaleta, para hacer un marco como el de la figura.



↑ **Figura 2.86.**



↑ **Figura 2.87.**



6. Centra cada tramo de la canaleta sobre las líneas dibujadas en el panel y atorníllalos con tirafondos. Dependiendo del tamaño de los orificios del fondo de la canaleta, pude ser necesario utilizar arandelas para evitar que la cabeza del tirafondo pase por ellos.
7. Con un flexómetro, mide la distancia interior entre las dos canaletas verticales.
8. Corta dos tramos de canaleta de esa longitud.
9. Fíjalas con tirafondos en las líneas horizontales segunda y cuarta.

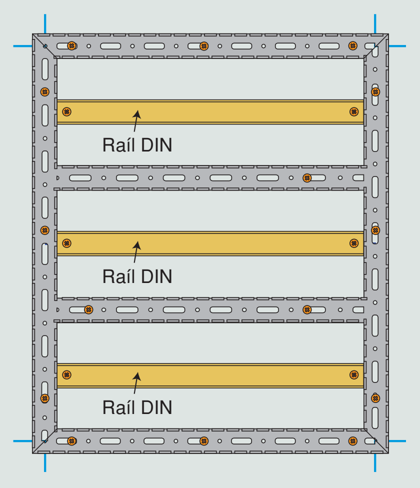
↑ **Figura 2.88.**

10. Corta tres tramos de raíl DIN de la misma longitud.
11. Si los raíles no están perforados, traza una línea centrada en su parte trasera y sobre ella marca dos puntos a 1cm de sus extremos.
12. Pasa una broca de 7 mm en dichos puntos.

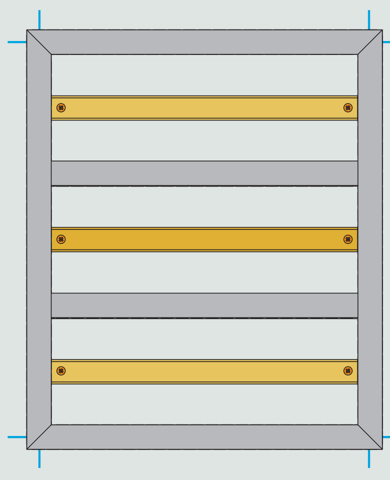


↑ **Figura 2.89.**

13. Coloca los raíles en el panel de pruebas, de forma que los taladros queden centrados con la línea.
14. Fíjalos con un par de tirafondos.
15. Corta las tapas de la canaleta y colócalas sobre ella. Ten especial cuidado en la unión en inglete de las esquinas.



↑ **Figura 2.90.**



↑ **Figura 2.91.**

MUNDO TÉCNICO

Cuadros eléctricos sin mecanizado

El mecanizado de cuadros eléctricos es una tarea laboriosa en la que el técnico cuadradista emplea mucho tiempo. En algunas ocasiones, por necesidades de la instalación, ese tiempo debe reducirse al mínimo y, por tanto, el mecanizado también tiene que hacerlo.

Conscientes de esta necesidad, los fabricantes de envolventes están desarrollando sistemas de montaje de cuadros eléctricos que requieren un mecanizado mínimo. Estos sistemas suelen ser más caros que los convencionales, pero en muchas ocasiones, cuando la premura lo requiere, resultan rentables tanto para el técnico montador como para el propietario de la instalación.

Estas son algunas de las técnicas utilizadas en este tipo de envolventes.

Fijación de fondos y aparamenta sin mecanizado

Este tipo de cuadro dispone de unas guías para la fijación por presión de los raíles DIN, que se unen al cuadro con un sistema de anclajes por resorte.

La extracción del fondo se realiza simplemente presionando (girando ligeramente) con un destornillador en los puntos de anclaje.



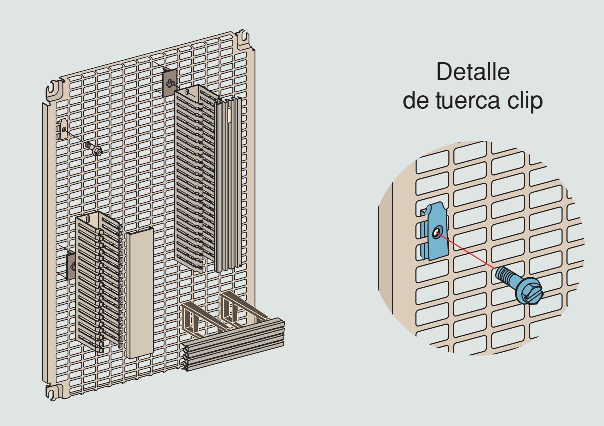


↑ **Figura 2.92.** Fijación rápida de fondo sin mecanizado (TERASAKI).

Fondo perforado

Este tipo de fondo permite la fijación de los raíles y aparamenta mediante un sistema de tuercas clip, que no necesitan mecanizado. Su fijación es sencilla tanto con el fondo en el exterior como en el interior del cuadro eléctrico.

Los elementos que se colocan sobre los fondos perforados son de tipo estándar y no requieren operaciones especiales de mecanizado.



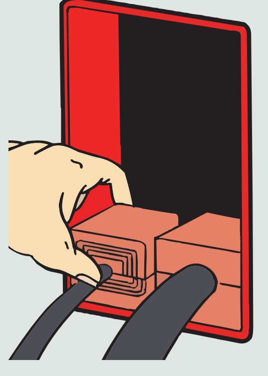
↑ **Figura 2.93.** Fondo perforado (SCHNEIDER ELECTRIC).

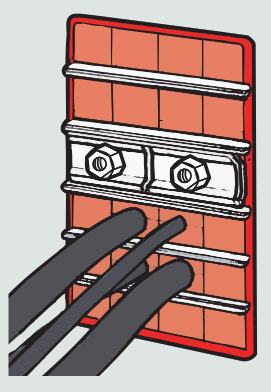
Pasacables de fácil instalación

La forma estándar para la entrada y salida de cables de un cuadro eléctrico, se realiza mediante racores y prensaestopas. Para la instalación de cada uno de ellos, es necesario realizar un orificio en el lateral de la envolvente.

En el mercado existen sistemas modulares que con un mecanizado mínimo, permiten flexibilizar la entrada de cables en los cuadros eléctricos.

Su instalación es sencilla y permite ampliaciones si dificultad y respetando los grados de protección de la envolvente.





↑ **Figura 2.94.** Pasacables modulares (AFIMES).



EN RESUMEN

HERRAMIENTAS Y OPERACIONES DE MECANIZADO

- De medida
- De marcado y trazado
- Para el aserrado
- Para el taladrado
- Para el limado
- De unión

TÉCNICAS DE MECANIZADO

- Perforación de cuadros eléctricos para la fijación de aparamenta circular
- Realización de orificios cuadrados
- Fijación de perfiles y canaletas
- Unión (y separación) de accesorios al fondo del cuadro

Mecanizado exterior de un cuadro eléctrico

Fijación de aparamenta y accesorios en el interior del cuadro

Construcción del panel de pruebas para realizar las actividades de próximas unidades

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. **Si necesitas realizar una medida con una precisión de décimas de mm:**
   a) Utilizas el metro.
   b) Utilizas la escuadra.
   c) Utilizas el calibre.
   d) Utilizas la regla metálica.
2. **Si quisieras cortar metales, tanto en forma recta como curva, utilizarías:________________________**
3. **Si quisieras realizar un orificio circular en una chapa con un diámetro de 3 cm, utilizarías:________ ______________**
4. **Para quitar un remache:**
   a) Un remache no se puede quitar.
   b) Soltamos la tuerca.
   c) Aflojamos el tornillo.
   d) Se realiza un taladro con una broca unos 2 mm inferior al tamaño de la cabeza del remache.
5. **Si necesitas trazar líneas a 45º, utilizas ____________ ____________**
6. **Mediante la técnica de punzonado es posible hacer orificios con forma cuadrada:**
   a) Verdadero.
   b) Falso.
7. **Para realizar la operación de roscado, se utiliza un juego de ________ machos de roscar, que se van pasando sucesivamente por el orificio a roscar. Para facilitar el giro del macho, este se introduce en el __________________**
8. **El picado de una lima es forma que tiene su sección transversal:**
   a) Verdadero.
   b) Falso.
9. **Nunca olvides cuando utilizas herramientas de mano ____**

3 Protección de las instalaciones



vamos a conocer...



y al finalizar..

- Conocerás las distintas posibilidades que ofrece el mercado en cuanto a elementos de protección de instalaciones eléctricas.
- Serás capaz de elegir adecuadamente las protecciones que hay que disponer en una determinada instalación, y qué dice la normativa al respecto.
- Podrás diseñar cuadros que cumplan los criterios de selectividad.
- Sabrás para qué sirve la técnica denominada filiación.
- Dibujarás esquemas de cuadros de protección, utilizando la simbología normalizada.
- Montarás el cuadro de protección para solucionar el caso práctico propuesto en esta unidad.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Nuria Sánchez es una instaladora electricista a la que han encargado realizar la instalación de un local que va a ser utilizado como imprenta. El dueño le ha dicho que va a trabajar principalmente en dos líneas:

- Línea de imprenta: fotocopias, impresión de planos, documentos, libros, etc.
- Línea de serigrafía: para hacer camisetas, carteles de publicidad, decoración de cristales, cubiertas de carpetas, libros, etc.

Como equipamiento de estas dos líneas son necesarias diversas máquinas automáticas que funcionan con alimentación trifásica. Además el local dispondrá de unas oficinas dedicadas a tareas de gestión y administración. Se prevé que el sistema de calefacción en dichas oficinas sea mediante acumuladores eléctricos.

Nuria ha comprobado que el edificio en el que se encuentra este local tiene un pararrayos instalado.

Con todos estos datos, Nuria ha decidido dividir la instalación en los siguientes circuitos:

- Circuito de alimentación de la línea de imprenta: trifásico 230/400V.
- Circuito de alimentación de la línea de serigrafía: trifásico 230/400V.
- Circuito de alumbrado: monofásico 230V.
- Circuito de tomas de fuerza: monofásico 230V.
- Circuito de alimentación del sistema de calefacción: monofásico 230V.

Ahora, ayuda a Nuria a decidir los dispositivos de protección que tendría que colocar en el cuadro de alimentación y realiza un esquema del mismo.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, podéis debatir en clase sobre las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar todas las preguntas.

1. ¿Por qué crees que es necesario proteger una instalación eléctrica? Y, ¿contra qué tendríamos que protegerla?
2. Probablemente hayas oído hablar del interruptor automático, ¿para qué crees que sirve? Y los PIA´s, ¿son lo mismo que el interruptor automático?¿Y el ICP?
3. ¿El «diferencial» realiza la misma función que el «automático»? Entonces, si colocamos uno de ellos ¿es necesario que coloquemos también el otro en esta instalación?
4. Seguro que alguna vez has oído a alguien que una subida de tensión le quemó el ordenador. Imagínate el trastorno que causaría esto en la instalación de la imprenta del caso inicial. ¿Hay alguna manera de evitarlo?
5. ¿Cuál sería el esquema unifilar de los diferentes circuitos que forman la instalación eléctrica de la imprenta?



1. Tensión e intensidad





↑ **Figura 3.1.** Voltímetros analógicos para montar de forma fija en panel y voltímetro para montar en carril DIN (CIRCUTOR).

Aunque esta unidad trata de las protecciones a instalar en los circuitos de automatismos industriales, es conveniente que recuerdes los conceptos básicos de tensión e intensidad para que puedas comprender correctamente lo que se describe a continuación.

1.1. Tensión

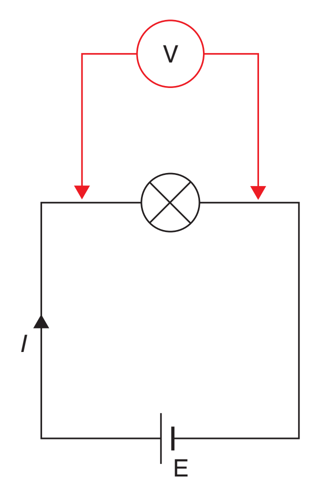
Se dice que existe una tensión o diferencia de potencial entre dos puntos cuando entre ambos existe un desequilibrio de cargas, es decir, uno tiene más cargas que el otro.

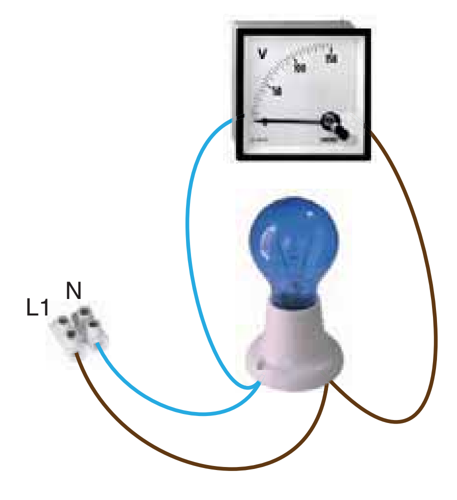
Cuando ambos puntos se unen a través de un elemento conductor, se origina un movimiento de cargas desde el punto que tiene la mayor acumulación hasta el otro punto, de tal forma que se trate de compensar dicho desequilibrio.

En un circuito de corriente continua se produce un movimiento de electrones desde el punto negativo hasta el positivo. Esto es lo que sucede en cualquier fuente de tensión, como por ejemplo, con una pila que alimenta un receptor.

La tensión se mide en voltios (V).

Para medir la tensión se utiliza un voltímetro, y la forma de conectarlo es enchufar directamente los dos terminales en los dos puntos en los que se desea realizar la medida, es decir, en paralelo.





↑ **Figura 3.2.** Conexión en paralelo del voltímetro.



↑ **Figura 3.3.** Instrumentos portátiles para la comprobación de tensión.

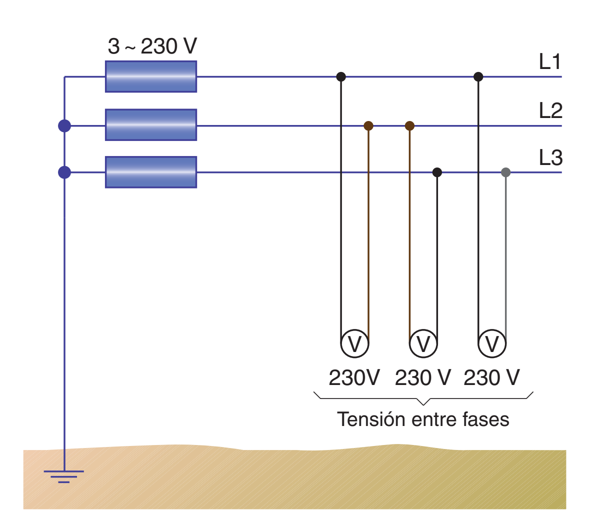
Los voltímetros pueden ser fijos o portátiles. Los primeros se instalan en puertas o en el interior de cuadros eléctricos. Los segundos se utilizan para la comprobación de tensión en tareas de mantenimiento y reparación. Aunque existen voltímetros portátiles, lo habitual es utilizar instrumentos multifunción que permiten la medida de tensión tanto en corriente alterna como en continua.

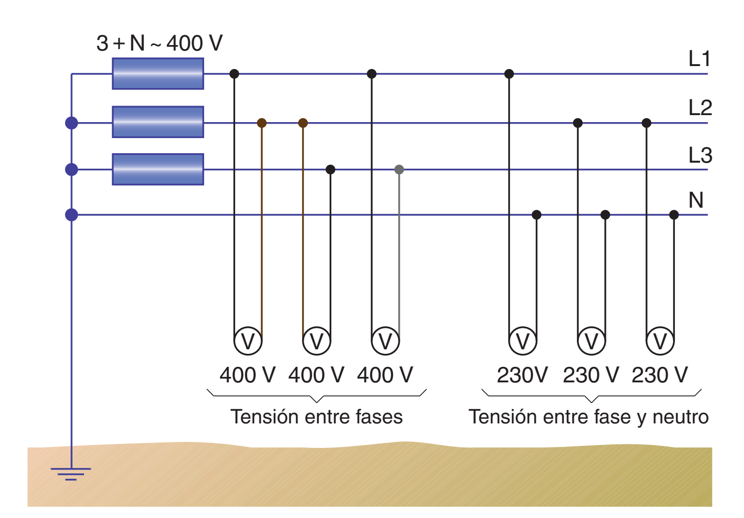
El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión establece que las tensiones nominales a utilizar en las distribuciones de corriente alterna son:

a) 230 V entre fases para las redes trifásicas de tres conductores.

b) 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases, para las redes trifásicas de cuatro conductores.







↑ **Figura 3.4.** Tensiónes nominales en corriente alterna.

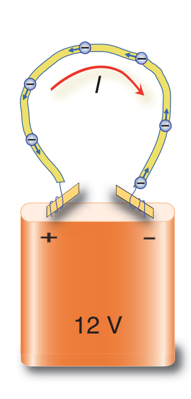
1.2. Intensidad

Se denomina intensidad o corriente eléctrica a la circulación de cargas eléctricas a través de un material conductor.

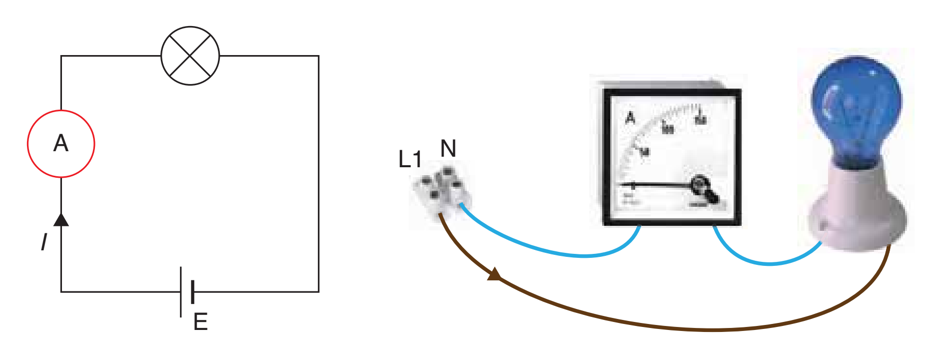
Aunque actualmente se sabe que en un circuito de corriente continua las cargas que se desplazan son las negativas, por razones históricas, se ha establecido como sentido de circulación de la corriente el de las cargas positivas, es decir, el contrario del que se produce en realidad. Por tanto en la figura 3.5, si tuviésemos que indicar el sentido de la corriente sería de izquierda a derecha *(I)*.

La intensidad se mide en amperios (A).

Para medir la intensidad que circula por un circuito de una instalación se utiliza un **amperímetro.** Es necesario que dicha intensidad atraviese el instrumento, por lo que la forma correcta de realizar la medida es abriendo el circuito en un punto e intercalando el amperímetro en serie.



↑ **Figura 3.5.** Movimiento de electrones y sentido de la corriente.



↑ **Figura 3.6.** Conexión en serie de un amperímetro.

De igual forma que los voltímetros, los amperímetros pueden ser fijos o portátiles. Dentro de estos últimos dos son los instrumentos mayoritariamente utilizados: el polímetro y la pinza amperimétrica.

Es posible medir tensión, intensidad y varias magnitudes más utilizando un **polímetro** o multímetro analógico o digital, que permite alternar entre una magnitud u otra sin más que seleccionarla en la ruleta central y realizar adecuadamente la conexión de las puntas.





↑ **Figura 3.7.** Amperímetro analógico para montar en panel y amperímetro analógico para montar en carril DIN (CIRCUTOR).



↑ **Figura 3.8.** Conexionado de un multímetro digital para la medida de intensidad y para la medida de tensión (FLUKE).



↑ **Figura 3.9.** Pinza amperimétrica digital.



↑ **Figura 3.10.** Proceso de medida con pinza amperimétrica.

La pinza amperimétrica es un instrumento de gran utilidad para el técnico instalador electricista. Con ella se puede tomar la lectura de la corriente de un circuito de corriente alterna sin interrumpir el circuito. Su uso es muy sencillo ya que basta abrazar el conductor sobre el que se desea medir la intensidad con las pinzas y se obtiene la lectura en el indicador. Algunos modelos permiten también conectar unas puntas terminales para medir tensión o resistencias.

De forma general, se puede decir que la tensión aplicada a un circuito y la intensidad que circula por él están directamente relacionadas a través de la ley de Ohm:



$$V = R \cdot I$$

El factor de proporcionalidad (R) es la resistencia de los elementos que componen el circuito, y se mide en ohmios (Ω). Representa la oposición a la circulación de la corriente.

La simbología e identificación de un voltímetro y un amperímetro en los esquemas es la siguiente:

Elemento	Símbolos	Identificador
Voltímetro	V (1, 2) · V (1, 2)	**P**
Amperímetro	A (1, 2) · A (1, 2)	**P**

2. Defectos que se pueden producir en las instalaciones eléctricas

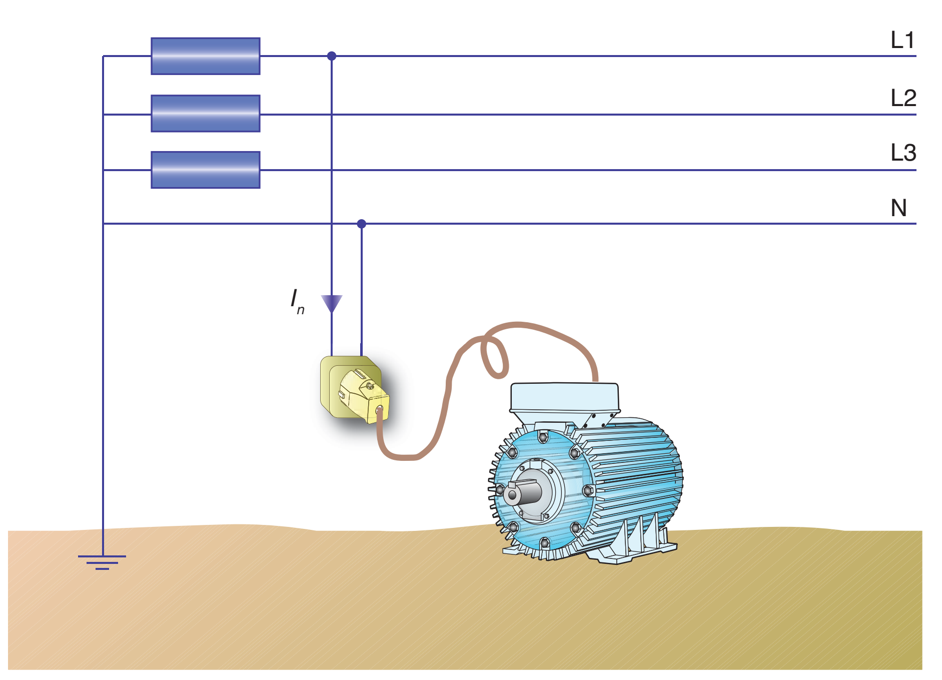
Debido al paso del tiempo, a las diversas condiciones de funcionamiento, a la influencia de otras instalaciones cercanas, así como a las condiciones climatológicas, en toda instalación es más que probable que vayan apareciendo diversos fallos o defectos que podrían dañar seriamente las instalaciones e incluso poner en riesgo la vida de las personas. Por tanto, resulta de suma importancia identificar dichos defectos y disponer de las medidas de protección adecuadas.

caso práctico inicial

Es necesario proteger las instalaciones para asegurar los bienes y las personas

2.1. Sobreintensidades

Las instalaciones se diseñan para trabajar bajo unas determinadas condiciones, a la intensidad que circula por la instalación en estas circunstancias se la denomina **intensidad nominal** (I_n) y es la intensidad que circula en condiciones «normales». Si los cálculos han sido realizados correctamente en el diseño, tanto los conductores como el resto de elementos del circuito están preparados para soportar esta intensidad por un periodo de tiempo infinito.



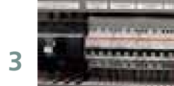
↑ **Figura 3.11.** Instalación en condiciones nominales.

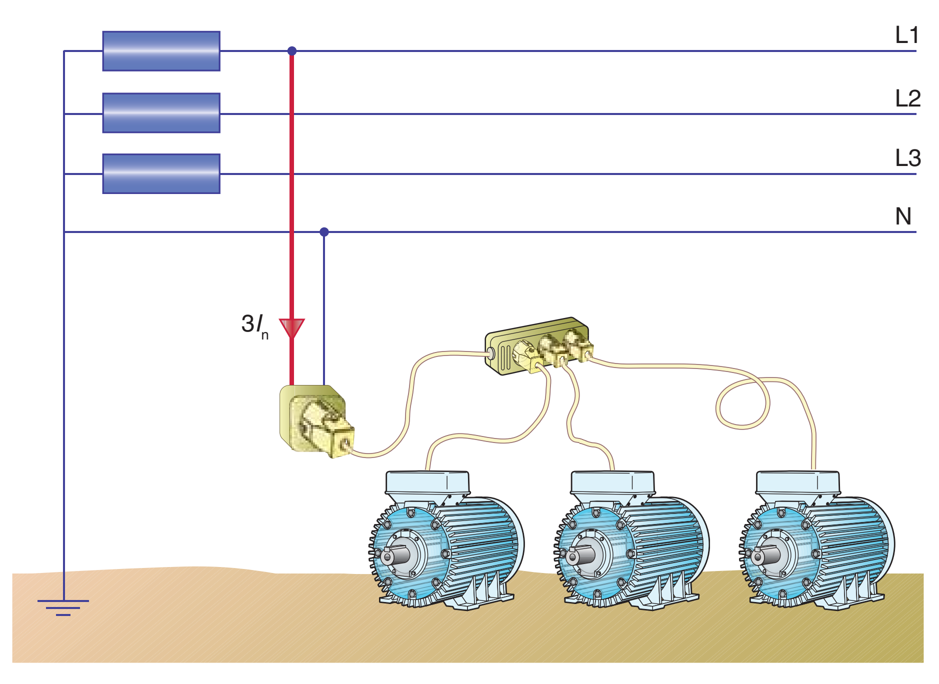
Pero hay ocasiones en que a un determinado circuito se le está solicitando más potencia de aquella para la cual está preparado. Este sería el caso de pretender alimentar varios receptores a través de una sola toma de corriente, o demandarle a un motor más potencia mecánica de la que puede suministrar. En este caso, para generar la potencia necesaria, los receptores demandan más intensidad ($P=V \cdot I$, si V es fija, porque es la de la red, solo es posible aumentar I). La intensidad que circula en estas condiciones por la instalación se puede haber multiplicado por dos o hasta por tres (2 o 3 veces I_n). Se dice en este caso que se ha producido una **sobrecarga**. Si esta intensidad circula durante un tiempo suficiente se puede dañar el aislamiento de los conductores, por exceso de temperatura.

recuerda

Cuando por un conductor circula una intensidad, se genera calor (efecto Joule). Su valor es:

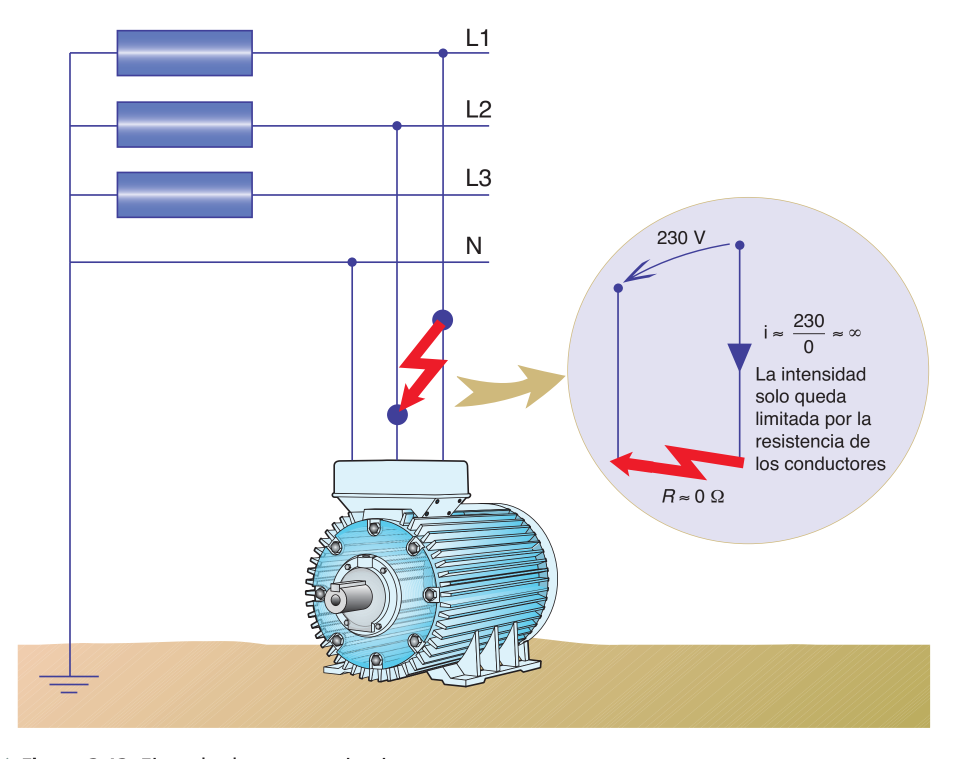
$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad \text{Julios}$$





↑ **Figura 3.12.** Instalación sobrecargada.

En otras ocasiones, y debido por ejemplo, a un defecto en el aislamiento de los conductores, se produce una unión con apenas resistencia entre dos conductores o dos puntos de una instalación que se encuentran a distinto potencial. Como la resistencia es prácticamente cero, la intensidad se hace en este caso muy grande, (20 o 30 veces la I_n), se ha producido un **cortocircuito.** La instalación no está preparada para soportar esta gran intensidad, y si no es cortada de inmediato, se corre el riesgo de destruir la instalación e incluso provocar un incendio.



↑ **Figura 3.13.** Ejemplo de un cortocircuito.

Sobrecargas y cortocircuitos reciben el nombre genérico de **sobreintensidades**, ya que en ambos casos se trata de una intensidad superior a la nominal.

2.2 Defectos de aislamiento

El correcto aislamiento de los elementos de una instalación, tanto entre conductores, como entre conductores y masas o tierra, garantiza que no se produzcan contactos indeseados de elementos conectados a distinto potencial.

Si este aislamiento no es el adecuado, o se ha visto dañado por cualquier motivo, pueden ocurrir dos cosas:

- Que debido al defecto, se pongan en contacto dos conductores activos (con distinta tensión), produciéndose un cortocircuito.
- Que se ponga en contacto una parte activa de la instalación, es decir, un conductor, con una que no lo era, por ejemplo una carcasa metálica. En este caso, la carcasa metálica se verá sometida a una diferencia de potencial con respecto a tierra, y se establecerá una circulación de corriente siempre que encuentre un camino cerrado para ello. Si el receptor tiene toma de tierra, la intensidad de defecto circulará por ella hacia tierra. Si una persona tocase la carcasa en estas condiciones, la intensidad circularía a través de ella, produciéndose un contacto indirecto. A estas corrientes que se derivan hacia tierra se les denomina **corrientes de fuga.**

L1
L2
L3
N
PE
Conexión suelta
Aislante en mal estado

↑ **Figura 3.14.** Defectos de aislamiento en un motor monofásico.

caso práctico inicial

Es necesario proteger la instalación contra sobreintensidades.

caso práctico inicial

Es necesario proteger las instalaciones contra defectos de aislamiento

vocabulario

Contacto directo

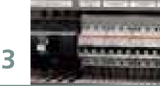
Contacto de una persona con una parte activa de una instalación.

Contacto indirecto

Contacto de una persona con una masa metálica de una instalación que, como consecuencia de un fallo de aislamiento, está sometida a tensión.

ACTIVIDADES

1. Enumera todas las causas que se te ocurran de por qué se puede producir un defecto de aislamiento.



caso práctico inicial

En todas las instalaciones es recomendable y en otras obligatorio proteger contra sobrecargas.

2.3. Sobretensiones

Decimos que **se produce una sobretensión cuando se produce una tensión superior a la tensión nominal de la red.** Como consecuencia, podemos tener desde una simple interrupción del servicio hasta la completa destrucción del cuadro de distribución o de los equipos a él conectados.

Las sobretensiones se pueden clasificar en dos tipos:

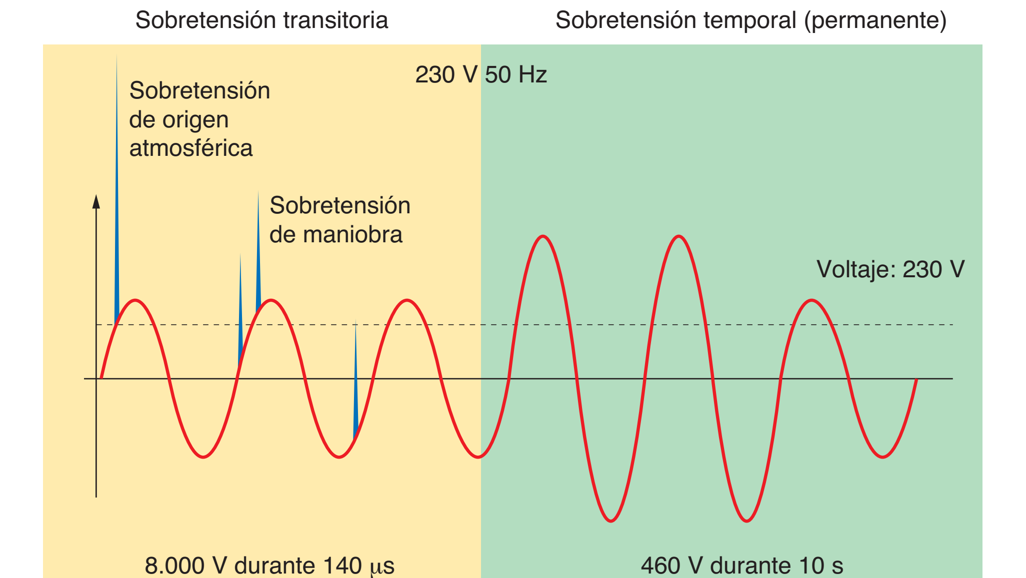
- **Sobretensiones transitorias:** gran valor de sobretensión en un periodo de tiempo muy pequeño. Debidas a fenómenos atmosféricos y a maniobras en la red como la conexión de receptores muy inductivos.
- **Sobretensiones temporales (también llamadas permanentes):** presentan un valor de sobretensión menor, a partir del 10% por encima del valor de tensión nominal, pero su duración en el tiempo es mayor. Pueden estar debidas a fallos en las instalaciones, por ejemplo la pérdida del neutro de un transformador.

saber más

En cada país hay mapas que indican el peligro de exposición al rayo dependiendo de las zonas.



↑ **Figura 3.15.** Días de tormenta.



↑ **Figura 3.16.** Clasificación de las sobretensiones (ABB).

3. Fusibles

3.1. Funcionamiento

Los fusibles son elementos de protección de las instalaciones eléctricas que se conectan en serie con el circuito que tienen que proteger.

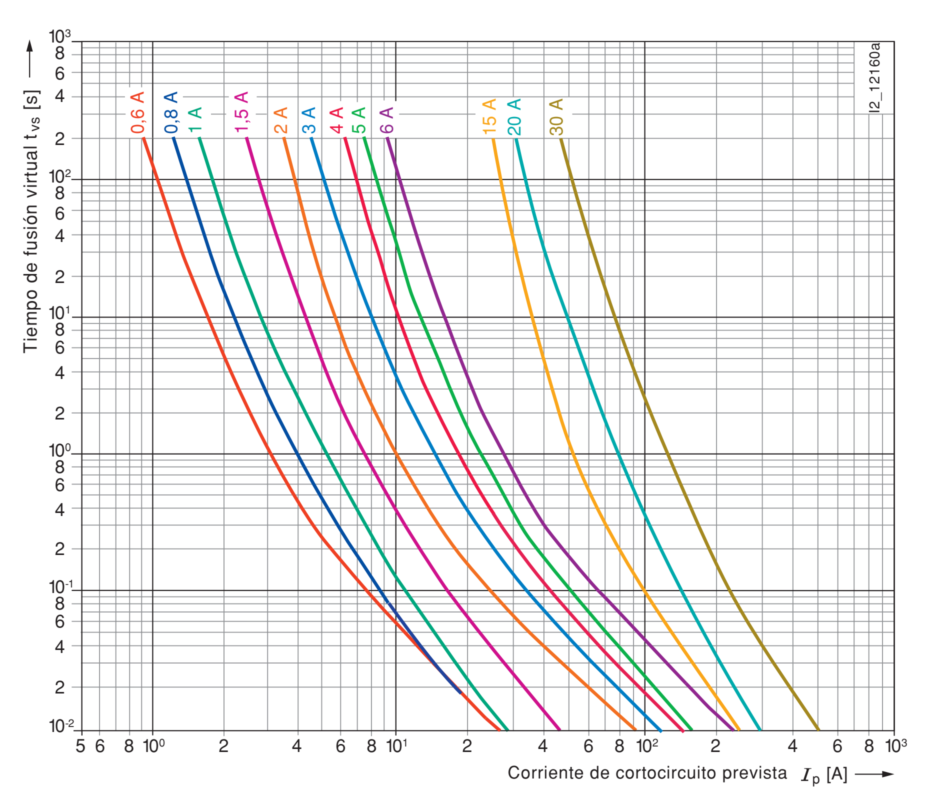
Se fabrican con un hilo de un material que tiene un punto de fusión más bajo que el del cobre y suelen disponer también una sección inferior a la de los conductores. El objetivo es que ante cualquier aumento de temperatura debido a una intensidad excesiva, sea el primer punto en calentarse. Si la temperatura es la suficiente, el elemento se funde, interrumpiendo la continuidad del circuito y evitando por tanto que la sobreintensidad peligrosa siga circulando y dañe al resto de componentes.

El hilo fusible está contenido en un compartimento, que algunas veces contiene algún material inerte (por ejemplo sílice) con el fin de que se extinga el arco en el momento de la fusión.

Como exteriormente no es posible ver si el fusible se ha fundido, algunos presentan un dispositivo indicador, denominado **dispositivo percutor,** que mediante un elemento coloreado indica el estado del fusible.

Los fusibles presentan como ventaja frente a otros dispositivos de protección contra sobreintensidades su bajo coste, pero por contra tienen como desventaja la necesidad de ser reemplazados cada vez que se produce un corte, ya que el fusible queda inservible para un nuevo uso.

En la siguiente figura se pueden observar las gráficas suministradas por el fabricante para distintos valores nominales de fusibles. En dichas gráficas queda representado el tiempo que tarda el fusible en fundirse en función de la intensidad que circula por él. Nótese que en los ejes están representados valores logarítmicos.



↑ **Figura 3.17.** Curvas de fusión de una familia de fusibles (SIEMENS AG).

Si la intensidad de cortocircuito es de 1 A, se observa en la gráfica que la curva que representa al fusible de 1A (verde) no se corta nunca con la vertical correspondiente a corriente de cortocircuito 1 A (10^0 A), es decir, el tiempo es infinito. Lo que indica que el fusible no se funde nunca, lo cual es lógico, ya que se trata del valor de intensidad nominal. Para valores inferiores a este tampoco se fundiría nunca, permitiendo el funcionamiento normal de la instalación.

Si la intensidad de cortocircuito es de 8 A, buscando la intersección entre la curva correspondiente y la vertical trazada por una corriente de cortocircuito de 8 A se cortan en un punto. Mirando el valor de ese punto en el eje de tiempos se tiene un valor de aproximadamente $3 \cdot 10^{-1}$ segundos, es decir, 0,3 segundos tardará el fusible en fundirse.

vocabulario

Español-Inglés

Voltímetro: *voltmeter*

Amperímetro: *ammeter*

Conexión serie: *serial conection*

Conexión paralelo: *parallel connection*

Tensión: *voltage*

Corriente: *electric current*

Pinza amperimétrica: *clamp ammeter*

Sobrecorriente: *overcurrent*

Sobretensión: *overvoltage*

Cortocircuito: *short circuit*

Fusible: *fuse*

Interruptor diferencial: *differential switch*

Disyuntor: *circuit brakers*



Los símbolos e identificadores de los fusibles en los esquemas son los siguientes:

Elemento	Símbolos	Identificador
Fusible monopolar	1, 2	**F**
Fusible bipolar	1, 2, 3, 4	**F**
Fusible tripolar	1, 2, 3, 4, 5, 6	**F**
Fusibles seccionador tripolar	1, 3, 5, 2, 4, 6	**F**











↑ **Figura 3.18.** Algunos tipos de bases portafusibles.

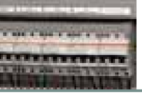
3.2 Características

Las principales características que definen un fusible son:

- **Intensidad nominal:** intensidad que circula por la instalación en condiciones normales.
- **Tensión:** tensión a la cual va a ser colocado, es decir, la de la instalación.
- **Poder de corte:** valor máximo de la intensidad que es capaz de cortar.
- **Elemento percutor** o dispositivo indicador de que el fusible se ha fundido.
- **Tipo de fusible:** el tipo de fusible hace referencia al principal uso para el que ha sido diseñado y se identifica por dos letras:

1ª LETRA	g	Fusibles de distribución
	a	Fusibles de acompañamiento, acompañan a otro dispositivo de protección
2ª LETRA	G	Uso general
	L	Protección de líneas eléctricas
	M	Protección de motores
	R	Fusibles de actuación rápida

Así encontraremos fusibles tipo gG, gL, aM, etc.



3.3. Tipos constructivos

En cuanto a la forma constructiva del fusible existen varios tipos:

- **Fusibles cilíndricos:** son los fusibles tradicionales



↑ **Figura 3.20.** Fusibles cilíndricos (SIEMENS AG). ↑ **Figura 3.21.** Fusible de cuchillas (SIEMENS AG).

- **Fusibles de cuchillas o NH:** fusibles de baja tensión y alta capacidad de ruptura. Se fabrican para intensidades nominales de hasta 1250 A y tensiones nominales de hasta 690 V. Pueden llegar a tener capacidades de ruptura de hasta 120 kA. Poseen un alambre tensado en paralelo con el elemento fusible que, cuando este se funde, hace que una pequeña pestaña situada en la parte superior se levante, indicando el estado del fusible.
- **Fusibles Diazed:** de origen alemán, también denominados «fusibles botella» por la forma que tienen. Se fabrican para intensidades nominales entre 2 y 100 A. Tienen capacidades de corte de hasta 50 kA.







↑ **Figura 3.22.** Fusibles Diazed (SIEMENS AG).

saber más

Para extraer los fusibles NH de su base se utiliza una maneta como esta:



↑ **Figura 3.19.** Maneta.





↑ **Figura 3.23.** Algunos tipos de base portafusibles.

ACTIVIDADES

2. Un circuito está protegido por un fusible de intensidad nominal 6 A. Teniendo en cuenta las gráficas de la figura 3.17, determina el tiempo en que abrirá el circuito para una intensidad de cortocircuito de 6 A, de 15 A y de 30 A.



4. Interruptor automático o magnetotérmico

4.1. Funcionamiento

caso práctico inicial

El interruptor automático protege contra sobreintensidades.



↑ **Figura 3.24.** Interruptores magnetotérmicos unipolar, bipolar, tripolar y tetrapolar (ZOLODA).

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo de protección contra corrientes de sobrecarga y cortocircuitos. Provoca la apertura automática del circuito en el que está instalado cuando dichas corrientes tienen lugar.

Como indica su nombre, consta de dos métodos de apertura:

- **Disparador magnético:** actúa frente a las corrientes de cortocircuito, y debido a que este tipo de corrientes son muy peligrosas, tiene que proporcionar un corte muy rápido.
- **Disparador térmico:** actúa frente a las corrientes de sobrecarga. El corte es más lento.

El disparador térmico está compuesto por dos láminas de metales distintos unidas entre sí. Cuando circula por ellas una intensidad de sobrecarga, poco a poco se van calentando, y como consecuencia, dilatando. Como ambas láminas son de metales distintos, una de ellas siempre se dilatará más que la otra, por lo que el resultado será una curvatura de ambas placas que provoca la apertura del circuito después de un tiempo.

El disparador magnético en cambio está formado por un electroimán. Cuando la intensidad que circula por él es la suficiente, se genera una fuerza que tira de los contactos asociados a él, abriendo de esta forma el circuito en tiempos prácticamente nulos (milisegundos).

Los símbolos para representar los interruptores magnetotérmicos en los esquemas son los siguientes:

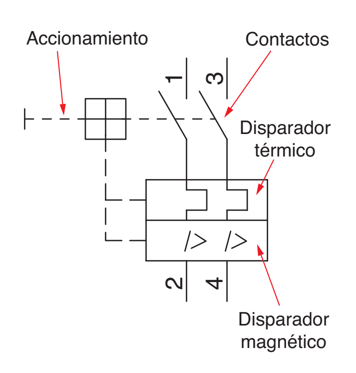
Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor magnetotérmico unipolar		**Q**
Interruptor magnetotérmico bipolar		**Q**
Interruptor magnetotérmico tripolar		**Q**
Interruptor magnetotérmico tetrapolar		**Q**

según el REBT

Toda instalación eléctrica deberá disponer de un interruptor general automático, independiente del Interruptor de Control de Potencia (ICP), de corte omnipolar, y con un poder de corte de 4.500 A como mínimo.

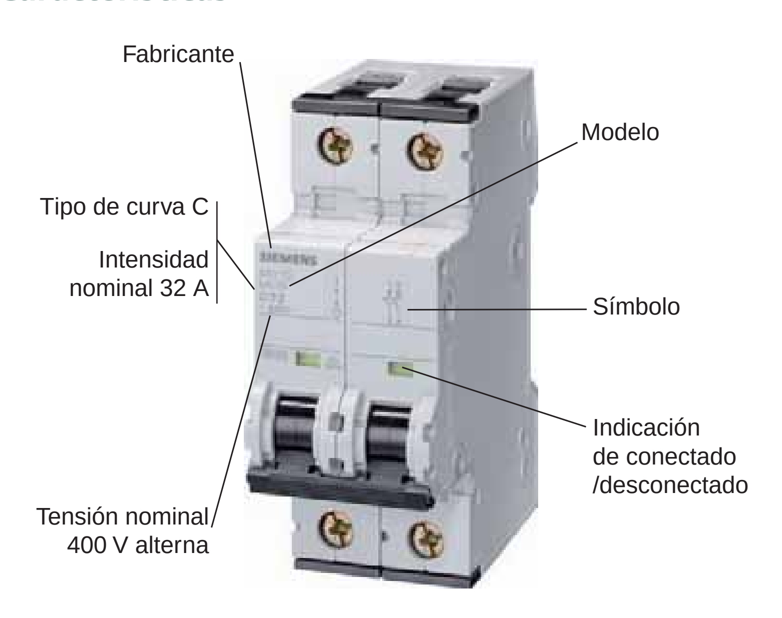
saber más

El símbolo del magnetotérmico puede resultar complejo, pero en él se



↑ **Figura 3.25.** Símbolo del magnetotérmico.

4.2. Características



↑ **Figura 3.26.** Características de un interruptor magnetotérmico (SIEMENS AG).

Las principales características que definen un interruptor automático son:

- **Número de polos:** es el número de conductores que corta. Pueden ser unipolares, bipolares, tripolares, tetrapolares.
- **Intensidad nominal:** intensidad que va a circular por él en condiciones normales.
- **Poder de corte:** máxima intensidad que es capaz de cortar.
- **Tipo de curva:** determina el funcionamiento del dispositivo, tiempos de corte y disparador que actúa en función del valor de la intensidad. Los tipos de curvas más frecuentes son: Curva B, Curva C, Curva D y Curva ICP.

(Para profundizar más sobre los tipos de curvas de los interruptores magnetotérmicos, consulta la sección Mundo Técnico de esta unidad).

saber más

Seguramente habrás oído hablar del ICP como elemento integrante del cuadro de mando y protección. Estas son las siglas de Interruptor de Control de Potencia. El ICP es obligatorio en toda instalación eléctrica y es el encargado de controlar que no se consume más potencia de la que se ha contratado a la compañía suministradora, es decir, de la que estamos pagando. En caso de que sea así desconecta el circuito.



↑ **Figura 3.27.** ICP (SIEMENS AG).

saber más

PIA son las iniciales de Pequeño Interruptor Automático. El REBT dice que hay que poner un PIA omnipolar en cada circuito de la instalación de la misma intensidad nominal que la de dicho circuito.



↑ **Figura 3.28.** PIA (SIEMENS AG).

5. Interruptor diferencial

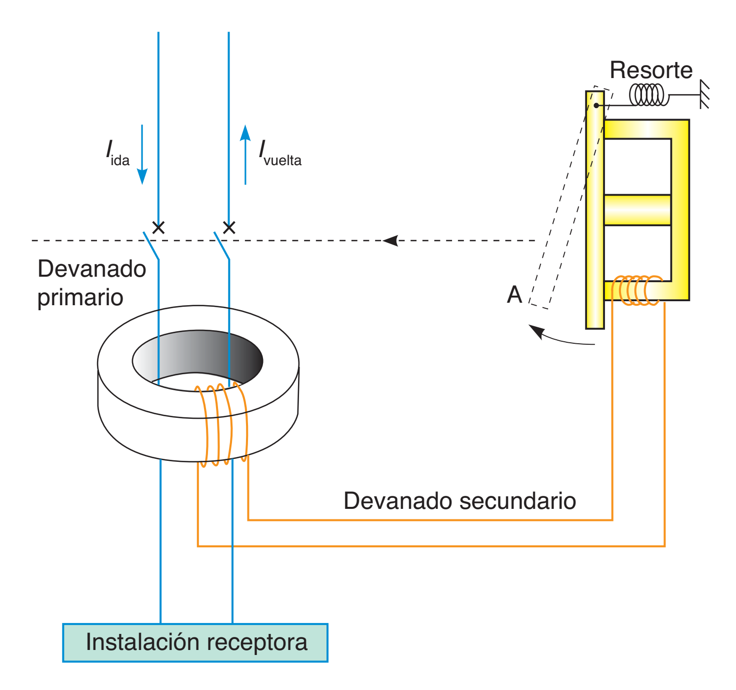
5.1. Funcionamiento

El interruptor diferencial es un dispositivo que **protege la instalación contra defectos de aislamiento, y por lo tanto, a las personas que la utilizan contra contactos indirectos.**

Un interruptor diferencial tiene dentro un pequeño núcleo magnético, con forma toroidal (aro macizo), que hace las funciones de núcleo de un transformador. Los conductores de alimentación de la instalación (tanto de ida como de retorno) se pasan por el interior de este núcleo y hacen las veces de primario del transformador. También existe un pequeño arrollamiento alrededor del núcleo que sería el equivalente al circuito secundario. Este devanado secundario funciona como un imán, y si la intensidad que circula por él es suficiente, es capaz de provocar la apertura de los contactos del interruptor.

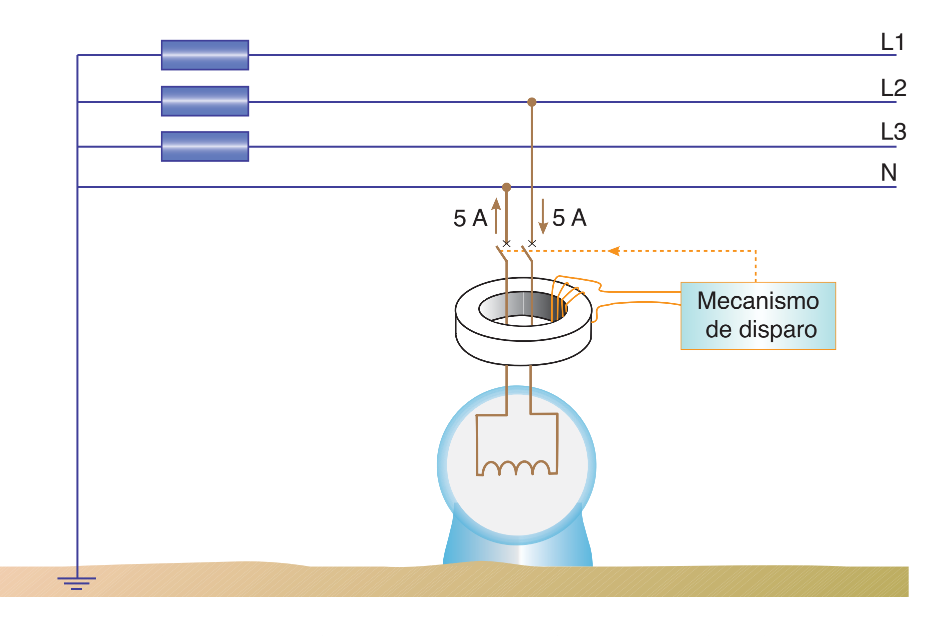
caso práctico inicial

El interruptor diferencial protege a las personas contra contactos indirectos



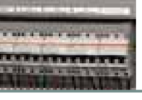
→ **Figura 3.29.** Principio de funcionamiento de un interruptor diferencial.

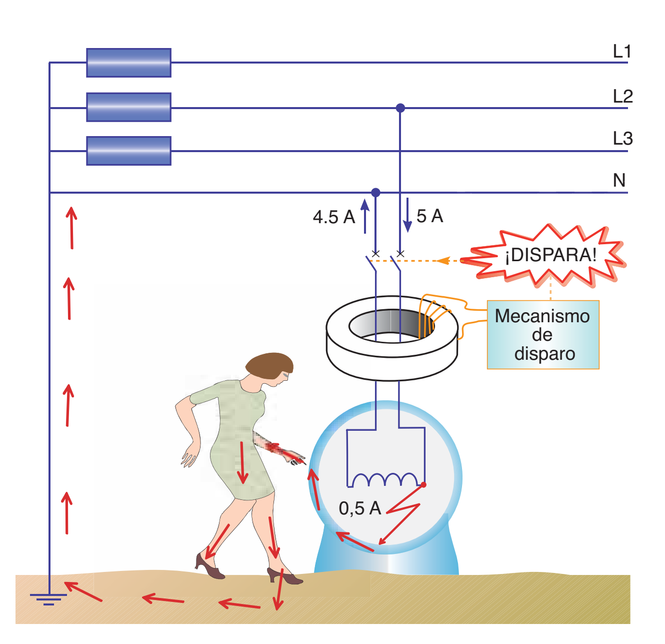
Cuando en la instalación no existe ningún defecto, toda la corriente que alimenta la instalación regresa por el conductor neutro. En estas condiciones, se tienen dos intensidades de igual valor, pero de sentido contrario, actuando como primario. Los efectos de estas intensidades se anulan entre ellos y por lo tanto no se induce tensión en el secundario.

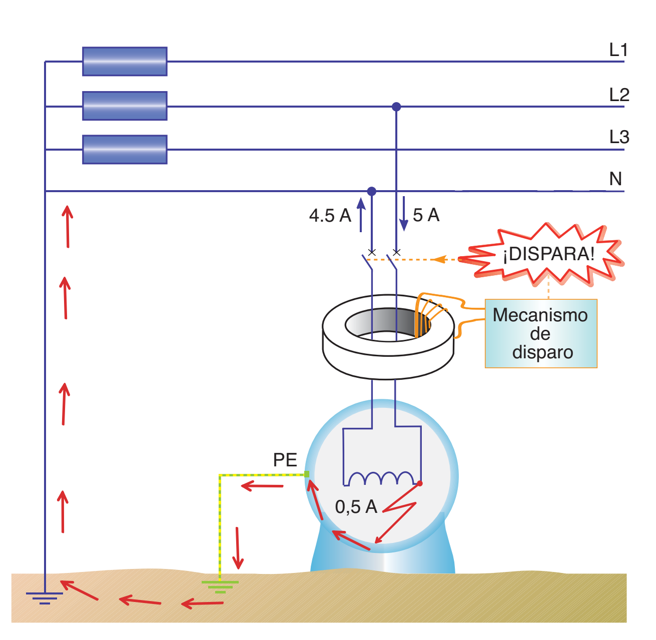


→ **Figura 3.30.** Instalación sin defectos de aislamiento.

Si existe un defecto de aislamiento, parte de la intensidad se derivará por él, siempre que encuentre un camino cerrado. Cuando una persona toca la carcasa del receptor se cierra el circuito a través de tierra. Pero como en este caso la intensidad de ida y la de retorno ya no son iguales, sus efectos ya no se anulan y se induce tensión en el secundario. Si la intensidad perdida por el defecto es suficientemente grande, se tendrá la fuerza necesaria en el secundario para actuar sobre los contactos del diferencial y provocar su apertura. Este corte es prácticamente inmediato, protegiendo así a la persona de los efectos de un contacto indirecto.







↑ **Figura 3.31.** Instalación con defecto de aislamiento: sin toma de tierra (izquierda) y con toma de tierra (derecha).

Si la instalación tiene puesta a tierra (conductor de protección) el circuito de la corriente de defecto se cierra a través de ella, provocando el disparo del diferencial antes de que toque nadie.

Los símbolos e identificadores que se utilizan en los esquemas para representar el interruptor diferencial son los siguientes:

Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor diferencial bipolar		**Q**
Interruptor diferencial tetrapolar		**Q**



↑ **Figura 3.32.** Interruptor diferencial tetrapolar.

saber más

Existen dispositivos en el mercado, que cuando se ha producido un fallo, intentan una reconexión del sistema, que será posible si el defecto ha cesado, nunca en caso contrario. En ellos es posible ajustar tanto la sensibilidad como el tiempo de reconexión.

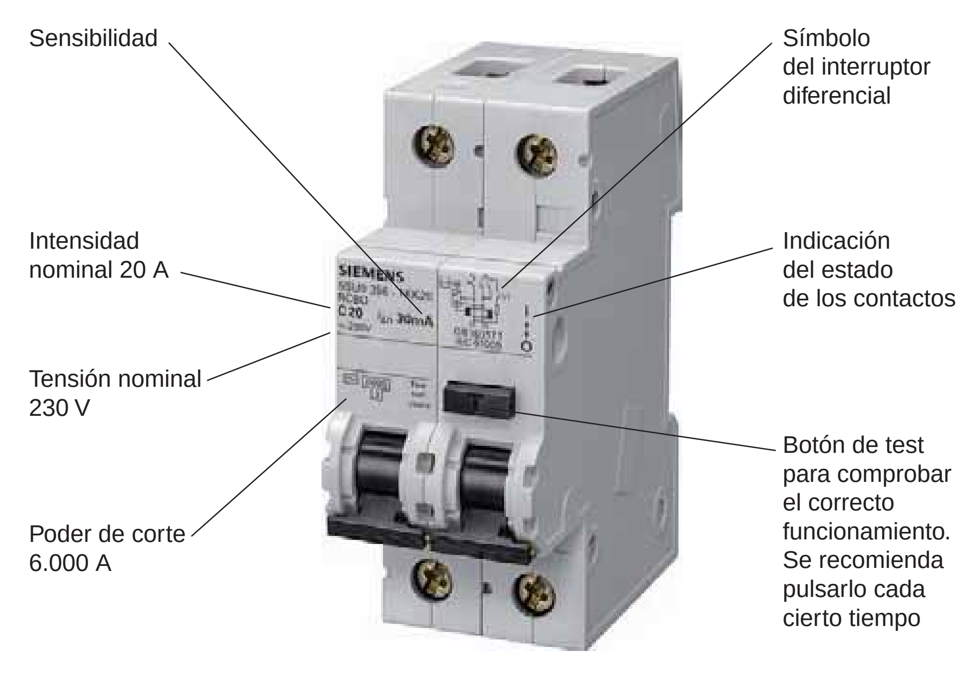


↑ **Figura 3.33.** Interruptor diferencial con cable de paso (CIRCUTOR).

5.2. Características

Las principales características que definen un interruptor diferencial son:

- **Intensidad nominal**: intensidad de la instalación en la cual va a ser instalado.
- **Tensión nominal**: tensión de la instalación en la que va a ser instalado.
- **Sensibilidad (ΔI_n):** es el mínimo valor de la intensidad de defecto que provoca la apertura del interruptor diferencial. En función de este valor, podemos clasificar los diferenciales como:
  - Baja sensibilidad: ΔI_n > 300 mA. Aplicación en industrias que no requieren altos niveles de protección.
  - Alta sensibilidad: ΔI_n entre 10 y 30 mA. Los de 30 mA son los que se utilizan habitualmente en viviendas e instalaciones en general.
- **Número de polos:** los diferenciales se fabrican bipolares y tetrapolares.



↑ **Figura 3.34.** Interruptor diferencial bipolar (SIEMENS AG).

6. Selectividad

Cuando en una instalación eléctrica tiene lugar un fallo, lo ideal sería que las consecuencias de este se limitasen solamente a la zona afectada, manteniendo el resto de circuitos en funcionamiento para poder seguir trabajando con total normalidad.

Esto se puede conseguir instalando interruptores en los distintos circuitos de utilización y eligiéndolos de tal forma que se garantice que solo dispara aquel que protege el circuito en el que se ha producido el fallo. El resto de los interruptores «aguas arriba» no desconectan, permitiendo el funcionamiento del resto de la instalación. Si esto es posible diremos que las protecciones de la instalación tienen **selectividad.**

Cuando se cumple esta condición para cualquier valor de la intensidad de cortocircuito, se dice que la selectividad es **total.** Si solo se cumple para intensidades de cortocircuito inferiores a un determinado límite diremos que la selectividad es **parcial.**

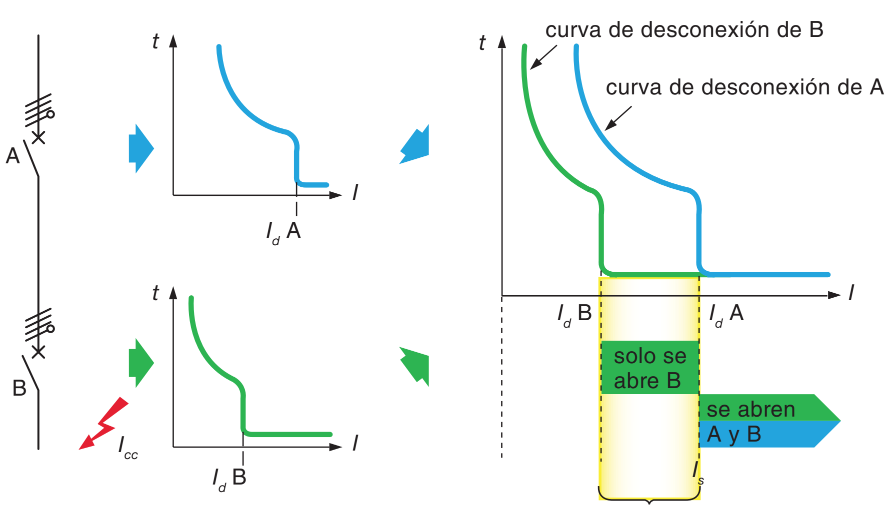
Existen varios métodos para conseguir la selectividad:

- **Por tiempo:** el interruptor «aguas arriba» tiene que permitir configurar un retardo en el disparo para dar tiempo al interruptor «aguas abajo» a que desconecte.
- **Por intensidad:** consiste en elegir el interruptor «aguas arriba» con una intensidad de disparo, tanto térmico como magnético, superior a la del interruptor «aguas abajo».
- **Natural:** se obtiene utilizando dispositivos de características diferentes (tamaño, intensidad nominal, etc.) y aprovechando las diferencias en el modo de funcionamiento. Los fabricantes ofrecen tablas que indican si existe selectividad entre diversos productos de su gama.

saber más

En la jerarquía de conexión de elementos de protección en un cuadro de distribución, se denomina:

- **Aguas arriba:** a los dispositivos que están en un nivel superior al aparato referenciado.
- **Aguas abajo:** a los dispositivos que están en un nivel inferior al aparato referenciado.



← **Figura 3.35.** Curvas de disparo de selectividad por intensidad.

También es posible conseguir selectividad en la utilización de interruptores diferenciales, colocando aguas abajo interruptores de mayor sensibilidad que los que están instalados en la cabecera de la línea o bien utilizando el método del retardo en el disparo.

	A. arriba	**C60, N, H, L**											
		curva C											
Aguas abajo	**I (A)**	**2**	**3**	**4**	**6**	**10**	**16**	**20**	**25**	**32**	**40**	**50**	**63**
C60, N, H, L	**(A)**	15	25	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473
curva C	**0.5**												
	0.75												
	1												
	2												
	3												
	4												
	6												
	10												
	16												
	20												
	25												
	32												

Zona de selectividad

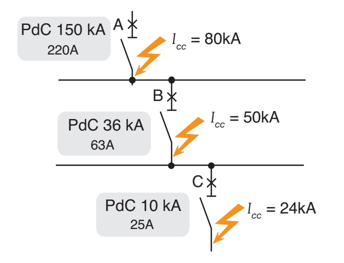
↑ **Figura 3.36.** Tabla de selectividad entre distintos productos de un mismo fabricante.

7. Filiación

Técnica que permite instalar en un circuito un interruptor automático con poder de corte menor al de la corriente de cortocircuito prevista para el mismo, siempre que «aguas arriba» haya otro interruptor con un poder de corte superior a esta intensidad de cortocircuito.

De esta manera se consigue un ahorro económico importante en los dispositivos de protección.

Los fabricantes también ofrecen tablas con los distintos productos de su gama que garantizan la filiación.



↑ **Figura 3.37.** Ejemplo de filiación.



8. Protección contra sobretensiones

La Guía Técnica de aplicación del REBT, ITC-23, establece la obligatoriedad de instalar dispositivos de protección contra sobretensiones en los siguientes casos:

SITUACIONES	EJEMPLOS
Línea de alimentación de baja tensión total o parcialmente aérea o cuando la instalación incluye líneas aéreas	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.
Riesgo de fallo afectando a la vida humana	Los servicios de seguridad, centros de emergencias, equipo médico en hospitales
Riesgo de fallo afectando a la vida de los animales	Las explotaciones ganaderas, piscifactorías, etc
Riesgo de fallo afectando a los servicios públicos	La pérdida de servicios para el público, centros informáticos, sistemas de telecomunicación
Riesgo de fallo afectando a actividades agrícolas o industriales no interrumpibles	Industrias con hornos o en general procesos industriales continuos no interrumpibles
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia que tengan servicios de seguridad no autónomos	Sistemas de alumbrado de emergencia no autónomos
Instalaciones en edificios con sistemas de protección externa contra descargas atmosféricas o contra rayos.	Todas las instalaciones ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.

En la misma ITC-23 se hace una clasificación de los distintos receptores en función de la capacidad que tienen para soportar las sobretensiones.

Características de los dispositivos de protección contra sobretensiones

caso práctico inicial

Para proteger la instalación frente a las subidas de tensión se coloca un dispositivo de protección contra sobretensiones

Los dispositivos de protección siempre se instalan en paralelo con la instalación que se quiere proteger y con una unión a tierra lo más directa posible.



→ **Figura 3.38.** Distintos tipos de protección contra sobretensiones (SIEMENS AG).

En estado normal, el dispositivo de protección no afecta para nada a la instalación, pero cuando se produce una tensión mayor que la nominal de la instalación a proteger, la resistencia del dispositivo disminuye bruscamente, permitiendo una gran circulación de corriente hacia tierra y tratando así de mantener la tensión en unos límites aceptables.

El objetivo del dispositivo de protección es conseguir que la tensión en sus extremos sea siempre menor que la máxima admisible para los equipos que tiene que proteger, de acuerdo con su categoría de sobretensión.

Los símbolos utilizados para representar los dispositivos de protección contra sobretensiones son:

Elemento	Símbolos	Identificador
Protector contra sobretensión monofásico	L, PE	**F**
Protector contra sobretensión bifásico	L, N, PE	**F**
Protector contra sobretensión trifásico	L1, L2, L3, PEN	**F**
Protector contra sobretensión tetrafásico	L1, L2, L3, N, PE	**F**

En función de sus características se distinguen tres tipos de dispositivos de protección frente a sobretensiones:

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Capacidad de absorción de energía	Muy alta-Alta	Media-Alta	Baja
Rapidez de respuesta	Baja-Media	Media-Alta	Muy alta
Origen de la sobretensión	Impacto directo de rayo	Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones	

En general se logra protección contra sobretensiones instalando un dispositivo Tipo 2 lo más cerca posible del origen de la instalación, en el cuadro principal.

Pero si es necesario proteger receptores muy sensibles, es muy difícil que un solo dispositivo sea capaz de proteger a todos los equipos conectados a la instalación, por lo que se suelen combinar la acción de dos o más dispositivos de protección. Si el edificio dispone de pararrayos es necesario además instalar un dispositivo Tipo 1 en el origen de la línea.

En figura 3.39 se muestra un esquema completo con la ubicación de todos los tipos de protección.

En los cuadros secundarios, es necesario instalar también un interruptor de desconexión que evite el disparo del interruptor general en caso de que el dispositivo de protección contra sobretensiones se destruya por una descarga superior a la prevista.



Cuadro general

Protección Tipo 1

Hacia el resto de la instalación y cuadros de distribución secundarios

Protecciones de las líneas de salida

Cuadro secundario

Receptores

Protección Tipo 2

Protección final de los aparatos sensibles

Protección Tipo 3

↑ **Figura 3.39.** Esquema de conexión de los dispositivos de protección contra sobretensiones.

9. Representación de esquemas de cuadros de protección

La distribución jerárquica de los elementos de protección que intervienen en los cuadros de distribución se puede representar de forma gráfica con dos tipos de esquemas:

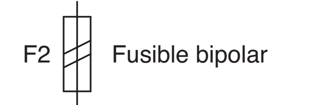
- **Multifilares.** En ellos se representan los símbolos de los aparatos con todos sus polos y las líneas eléctricas con todas sus fases, representándose detalladamente todas las conexiones eléctricas.

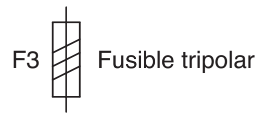
  Los símbolos que has conocido a lo largo de esta unidad, son los utilizados en la representación multifilar.

- **Unifilares.** En ellos se representa el símbolo de forma simplificada con un solo polo y el cableado mediante una única línea. En este tipo de esquemas, tanto el número de polos como el de los cables reales, se representa mediante pequeñas líneas oblicuas.

caso práctico inicial

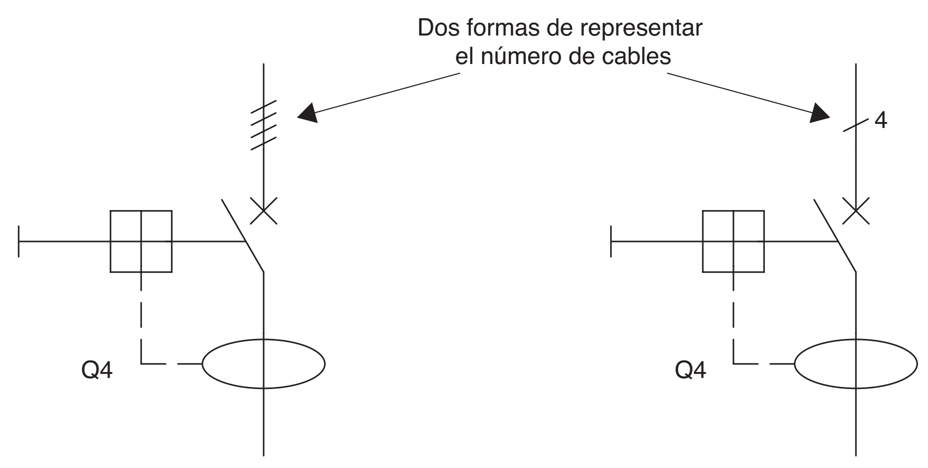
El esquema unificar es una representación simplificada de la instalación.





→ **Figura 3.40.** Representación unifilar.





↑ **Figura 3.41.** Representación unifilar de un diferencial y el número de cables que llegan a él.

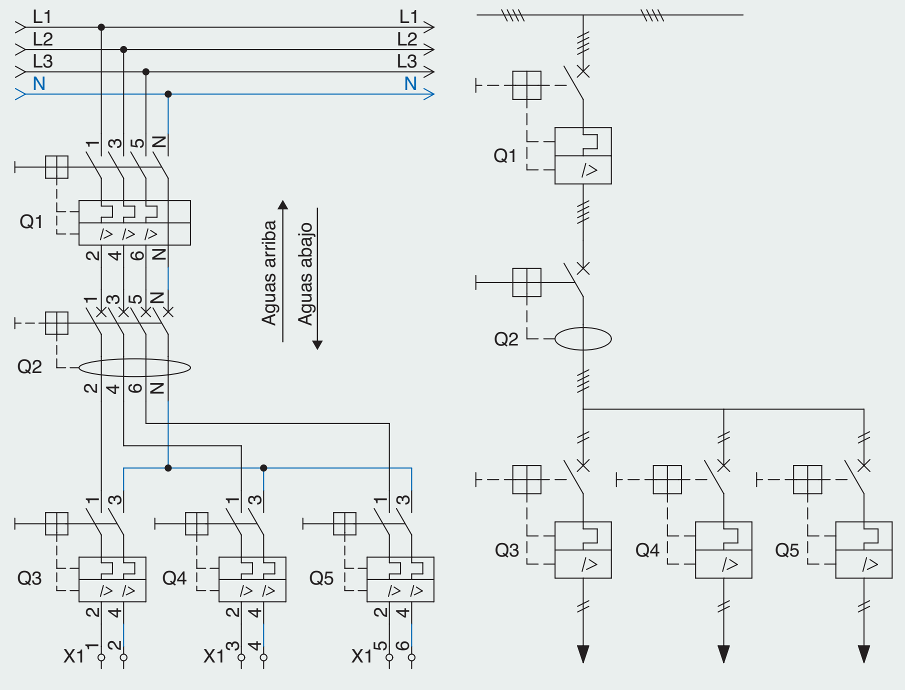
EJEMPLO

Ejemplo de representación

Imagina que debes realizar el montaje de un cuadro de distribución para tres líneas monofásicas de 230 V, a partir de una red de distribución trifásica con neutro de 400 V. La línea general debe estar protegida mediante un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial. Además, cada una de las líneas monofásicas debe disponer de interruptores magnetotérmicos individuales. Dibuja las representaciones unifilar y multifilar.

Solución:

Las representaciones multifilar y unifilar de este cuadro de protección son las siguientes:

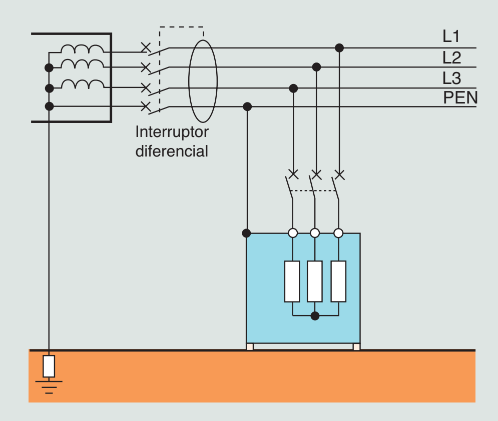


↑ **Figura 3.42.** Esquema multifilar

↑ **Figura 3.43.** Esquema unifilar.

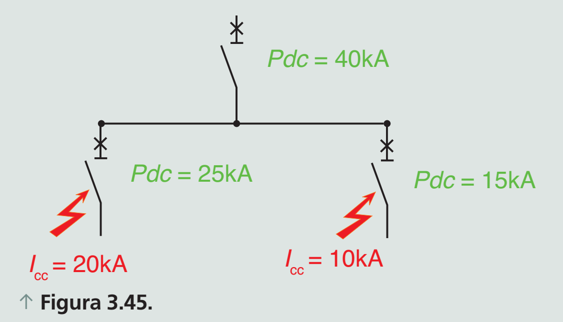
ACTIVIDADES FINALES

1. En el esquema de la figura siguiente, estudia la colocación del interruptor diferencial. ¿Es correcta? Describe que ocurriría en caso de que se produjese una corriente de defecto a través de la carcasa de la instalación receptora.



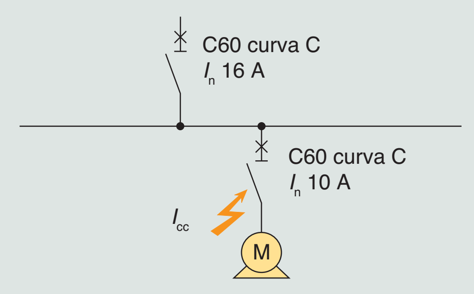
↑ **Figura 3.44.**

2. En el siguiente esquema se representan las intensidades de cortocircuito previstas en una instalación. Teniendo en cuenta el poder de corte de cada uno de los interruptores automáticos, ¿se cumplen los principios de filiación?, ¿qué propones para mejorar el diseño de la instalación?



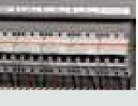
↑ **Figura 3.45.**

3. Consulta la tabla mostrada en la figura 3.36. En caso de que se produzca un defecto en el motor ¿qué ocurrirá? ¿es esto lo más adecuado? En caso contrario propón alguna medida para corregirlo.



↑ **Figura 3.46.**

4. Supón una instalación donde los receptores son motores. En el momento del arranque presentan intensidades elevadas, del orden de 4 veces la intensidad nominal. Si tuvieras que elegir un interruptor automático para protegerla, consultando el apartado de mundo técnico, ¿qué tipo de curva te parece más apropiada?, ¿por qué?



- 5. Teniendo en cuenta las curvas representadas en el apartado «Mundo Técnico», y para un interruptor automático que sigue la curva C, indica cuánto tiempo, como máximo, tardará en desconectar el circuito en caso de que se produzca una sobreintensidad de valor:
  a. 3 veces la intensidad nominal del circuito.
  b. 8 veces la intensidad nominal del circuito.
  c. 15 veces la intensidad nominal del circuito.
- 6. Realiza la actividad propuesta en el apartado «Práctica Profesional» de esta unidad. Completa la actividad con la práctica profesional 2.
- 7. Dibuja los esquemas multifilar y unifilar de un cuadro de protección para dos líneas trifásicas generales (una de fuerza y otra de alumbrado). La línea de fuerza se divide «Aguas abajo» en una línea de salida trifásica con neutro y 2 líneas monofásicas. La de alumbrado en tres líneas monofásicas. La protección general debe ser magnetotérmica y diferencial. Las líneas secundarias también deben disponer de ambos tipos de protección. Para las líneas de salida de tercer nivel, tanto de fuerza como de alumbrado, solamente se requiere protección magnetotérmica.
- 8. Dibuja los esquemas multifilar y unifilar de un «cuadro de obra» cuyas características son las siguientes:
  a. La red de alimentación es trifásica con neutro a 400 V
  b. Debe disponer de un interruptor general.
  c. Debe disponer de una sola línea para el alumbrado de la obra a 230 V.
  d. La alimentación del motor trifásico de la hormigonera se hace directamente desde el cuadro mediante bornes para raíl DIN.
  e. Una línea de fuerza está destinada a la toma industrial trifásica que se ha ubicado en la puerta del armario.
  f. La toma monofásica de 230 V también pertenece a la línea de fuerza.
  g. Debe existir una línea trifásica auxiliar destinada a otros usos.
  h. Se debe instalar un conmutador voltimétrico y un voltímetro para la comprobación de tensión entre fases a la entrada del cuadro.
  i. Tres amperímetros deben marcar la corriente consumida en cada una de las fases de la instalación.
- 9. Utilizando el panel de pruebas, monta los elementos necesarios para del «cuadro de obra» de la actividad anterior. Realiza el cableado y comprueba su funcionamiento siguiendo los pasos vistos en la Práctica Profesional.

entra en internet

- 10. Busca catálogos de diversos fabricantes de fusibles y haz un listado con las intensidades nominales disponibles (calibre). ¿Coinciden en todos los casos? ¿Por qué crees que será?
- 11. Existen en el mercado dispositivos de protección magnética y diferencial con reconexión automática. Busca información acerca de estos dispositivos: utilidades, ventajas, tipos que existen, etc., y realiza un pequeño trabajo con imágenes.

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista
- Polímetro o puntas de prueba de tensión
- Crimpadura de punteros

MATERIAL

- Panel de pruebas montado en la actividad anterior
- 8 Bornes + 1 de toma de tierra para raíl
- 4 interruptores magnetotérmicos tetrapolares
- 2 interruptores diferenciales tetrapolares
- 3 interruptores magnetotérmicos bipolares
- 1 dispositivo de protección contra sobretensiones tetrafásico.
- Cable de línea de 4 mm² (colores: negro, gris, marrón, azul claro y verde-amarillo)
- Cable de línea de 2,5 mm² (colores: negro, gris, marrón y azul claro)
- Manguera de 5 x 4 mm²
- Punteras para cables de 2,5 mm²

Cuadro general de protección

OBJETIVO

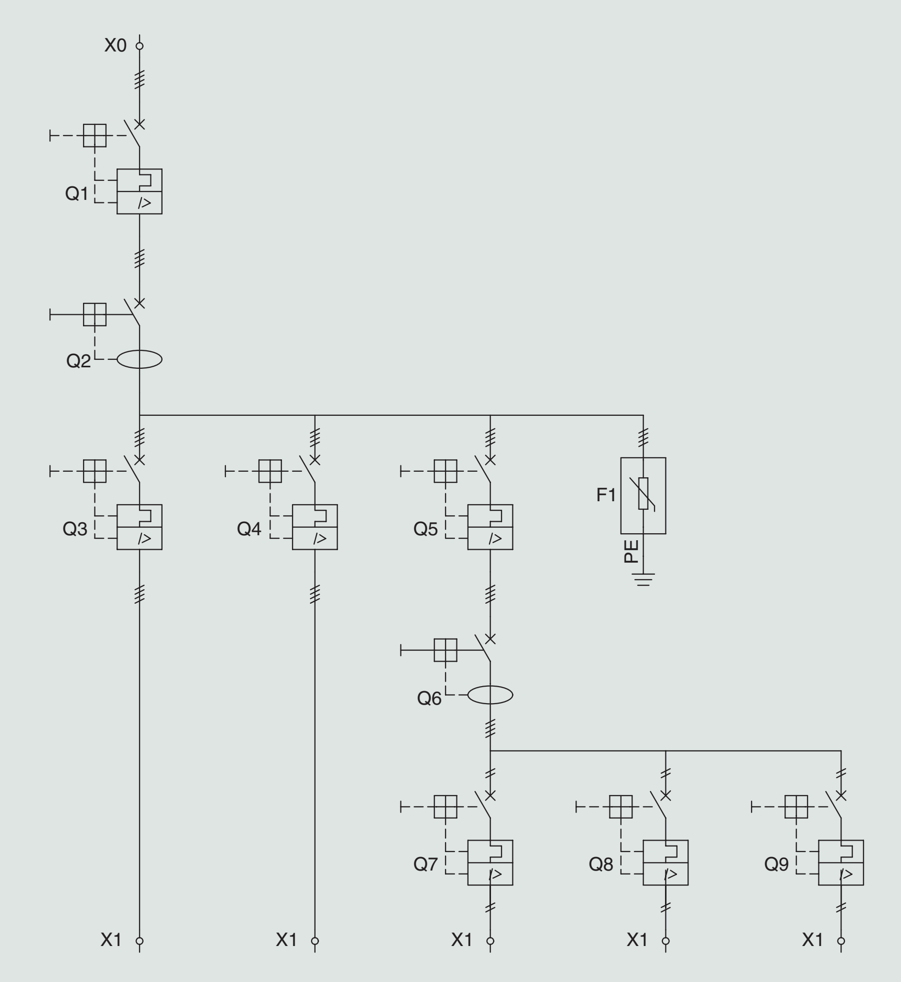
Montar y poner en marcha el cuadro general de protección propuesto en el Caso Práctico que se describe al inicio de esta unidad con dispositivos de protección magnetotérmica, diferencial y contra sobretensiones.

PRECAUCIONES

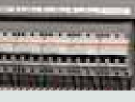
- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

DESARROLLO

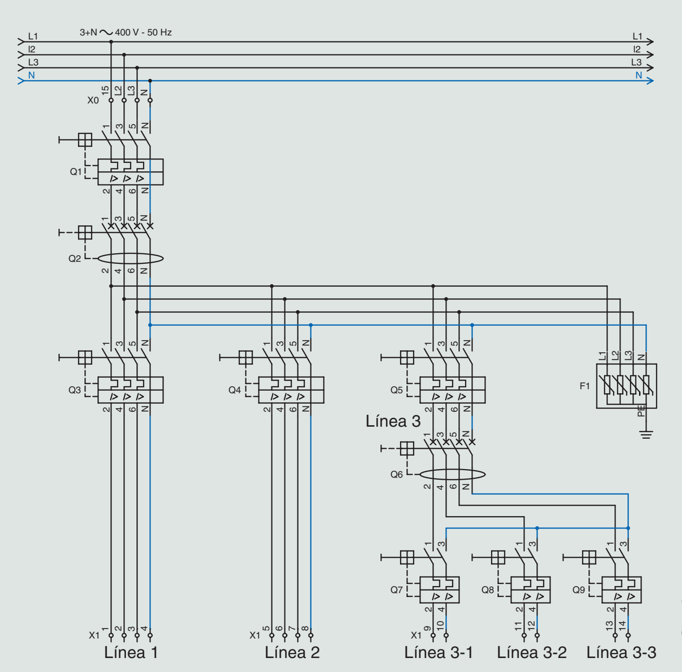
1. Dibuja el esquema unifilar del cuadro de protección.



↑ **Figura 3.47.** Esquema unifilar del cuadro de protección.

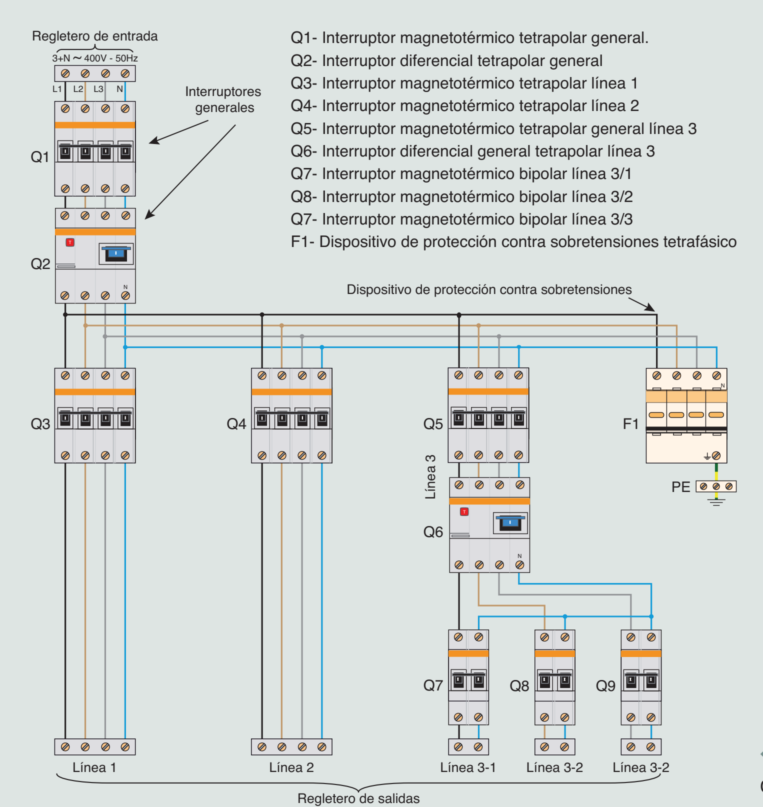


2. Dibuja el esquema multifilar con las conexiones entre los dispositivos del cuadro.



← **Figura 3.48.** Esquema multifilar del cuadro de protección.

3. Elabora un croquis con el conexionado a realizar entre los dispositivos de protección y un listado identificando cada uno de ellos.

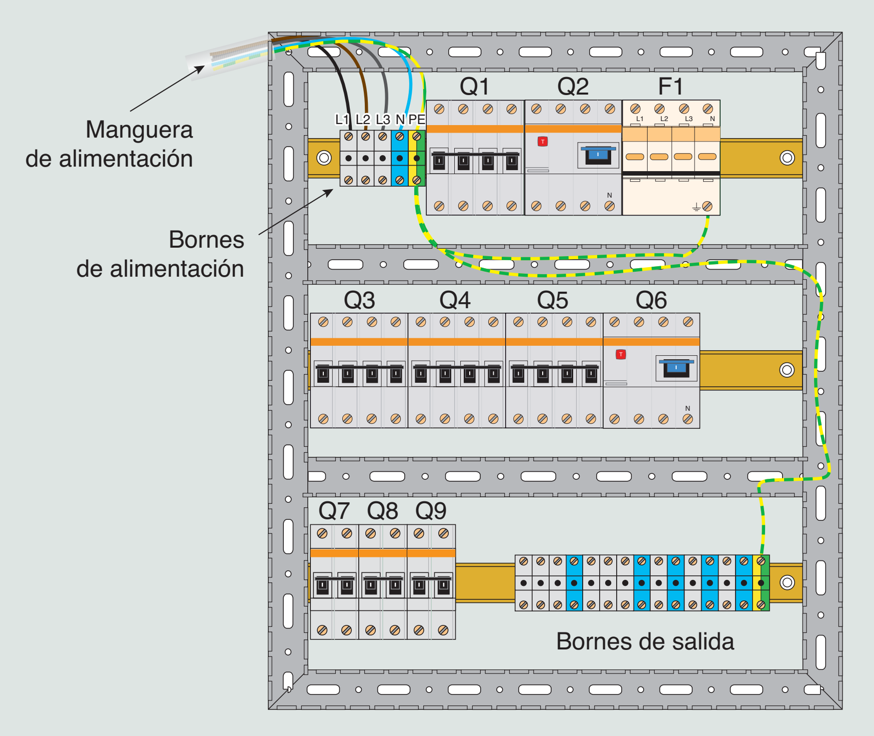


← **Figura 3.49.** Esquema multifilar del cuadro de protección.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

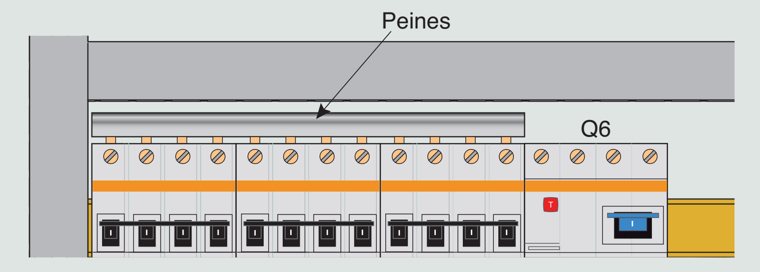
4.Coloca los elementos en los raíles del panel de pruebas como se muestra en la siguiente figura.



↑ **Figura 3.50.** Ubicación de los dispositivos de protección en el panel de pruebas.

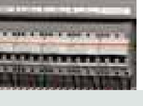
5. En el bornero de entrada y en el de salida, pon bornes de color azul claro para la conexión de los cables de neutro.
6. Con el cable de 4 mm^2, realiza el cableado de la línea general y de las líneas 1 y 2 hasta los bornes de salida. Respeta los colores de los conductores de la siguiente forma: L1-Negro; L2-Marrón; L3-Gris; N- Azul Claro y PE- Verde/Amarillo.

   Asegúrate de crimpar punteras en las terminaciones de todos conductores.
7. Para realizar los puentes entre los tres magnetotérmicos tetrapolares secundarios (Q3, Q4 y Q5) puedes utilizar peines. Si no dispones de ellos, realízalos con cable que pase por el interior de la canaleta.

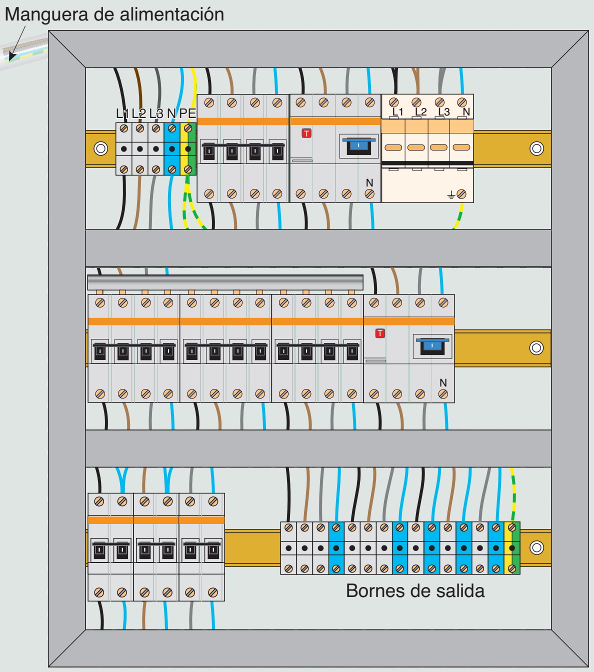


↑ **Figura 3.51.** Uso de peines para puentes.

8. También, con cable de 4 mm^2, realiza el cableado de la línea 3 hasta la entrada del magnetotérmico Q6 y el del dispositivo de protección contra sobretensiones F1.

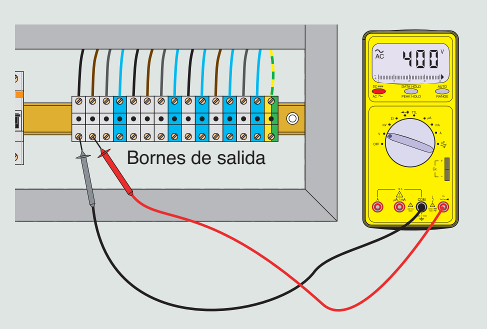


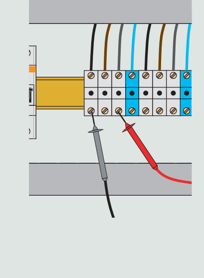
9. Con el cable de 2,5 mm^2, realiza, respetando el código de colores nombrado anteriormente, el cableado de las tres líneas secundarías monofásicas que salen desde Q6.
10. Acciona la palanca de todos los automáticos de panel para que estén en la posición de corte.
11. Conecta la manguera del panel de pruebas a una toma de corriente.
12. Conmuta el selector del polímetro para medir tensión de corriente alterna a 400 V
13. Conecta las puntas de prueba del polímetro en dos de las regletas de la línea 1.
14. Acciona los automáticos que alimentan dicha línea.
15. Comprueba que el polímetro marca la tensión adecuada, que en este caso debe ser de 400 V.



↑ **Figura 3.52.** Cuadro de protección completamente cableado.

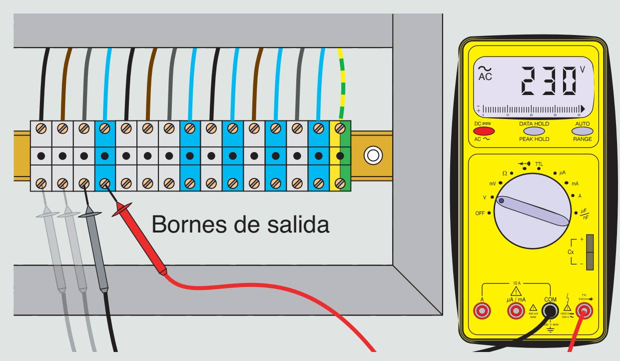
16. Cambia una de las puntas de prueba a la tercera regleta de la misma línea y comprueba que también marca 400 V.





↑ **Figura 3.53.** Comprobación de tensión entre las fases de la línea 1.

17. Haz lo mismo entre el neutro y cada una de las fases. El polímetro debe marcar en este caso 230 V.
18. Repite los pasos del 13 al 17 para las demás líneas.



↑ **Figura 3.54.** Comprobación de tensión entre fases y neutro de la línea 1.

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista
- Crimpadora de puntos

MATERIAL

- Panel de pruebas montado en la práctica profesional anterior y todos sus elementos
- Conmutador voltimétrico trifásico para raíl DIN
- Voltímetro para raíl DIN con fondo de escala 400V
- Cable de línea de 1,5 mm^2
- Puntero para cable de 1,5 mm^2

Instalación de un conmutador voltimétrico para comprobar la tensión de entrada en un cuadro eléctrico

OBJETIVO

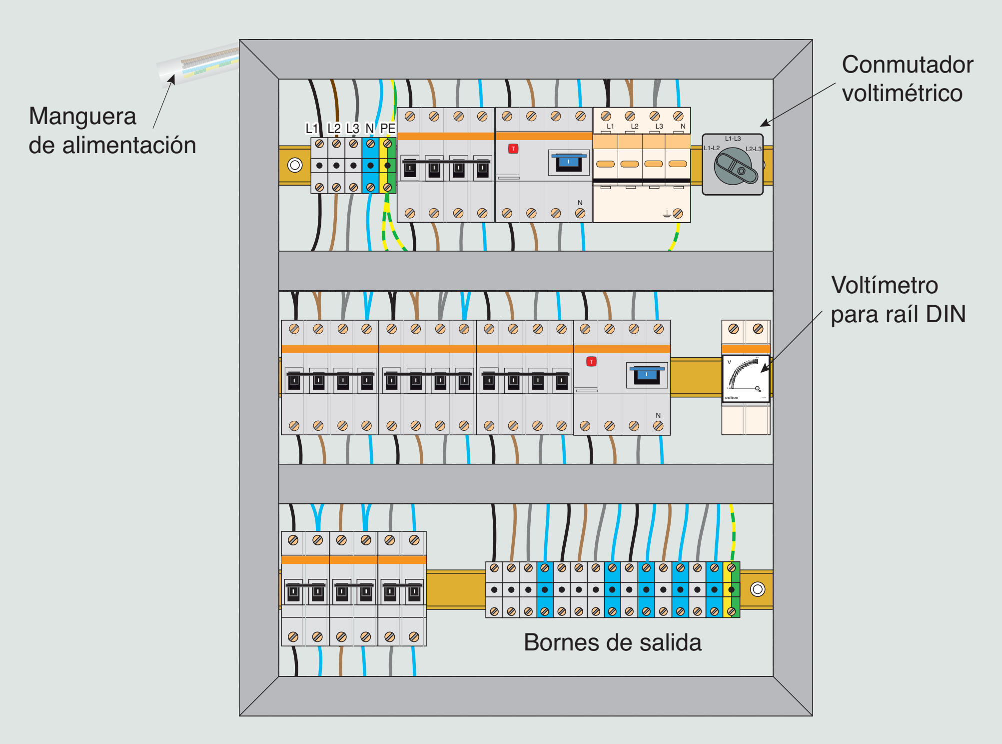
Instalar en el cuadro de protección montado en la práctica profesional anterior, un voltímetro y un conmutador voltimétrico para la comprobación de la tensión entre fases.

PRECAUCIONES

- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Consulta las hojas de instrucciones del conmutador voltimétrico para su correcto conexionado.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

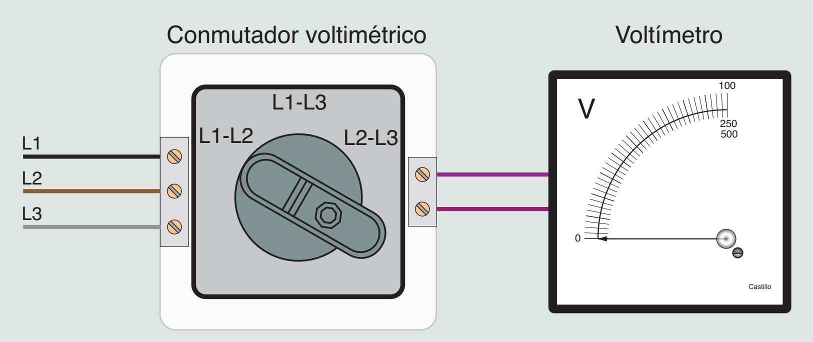
DESARROLLO

1. Colocar sobre los raíles superior y central del cuadro de pruebas, el conmutador voltimétrico y el voltímetro para raíl DIN respectivamente.



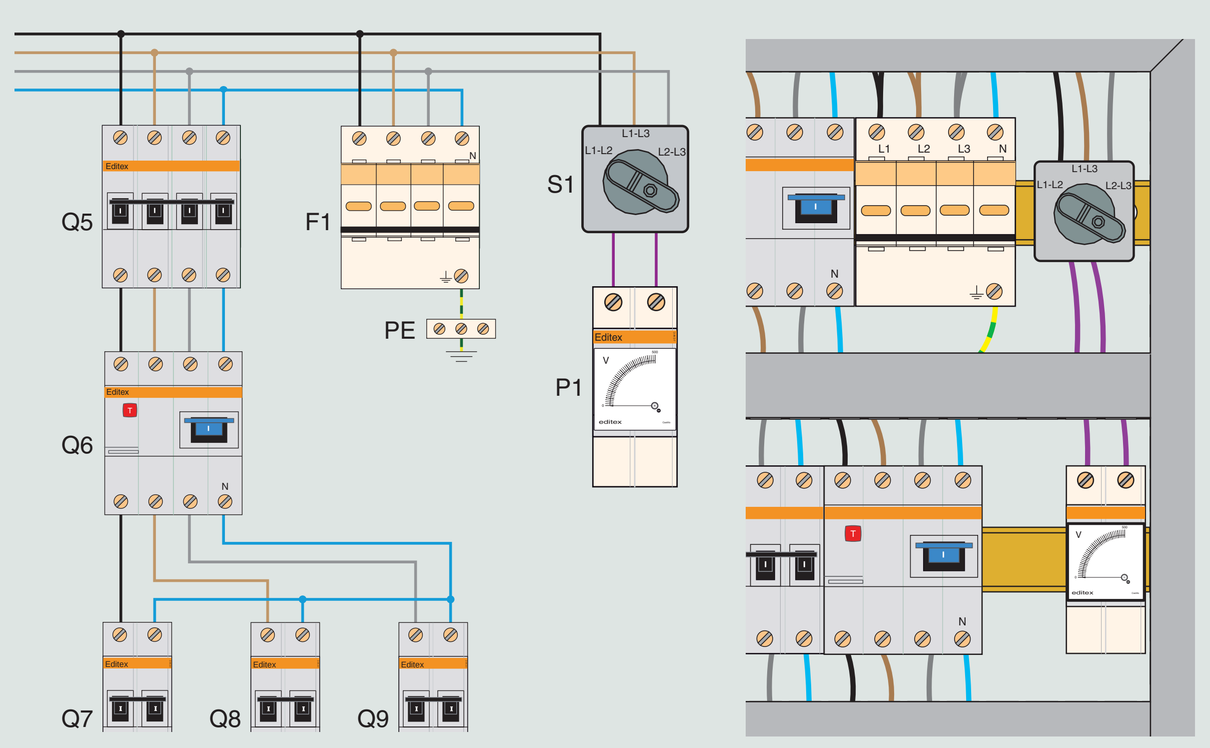
↑ **Figura 3.55.** Colocación del conmutador voltimétrico y el voltímetro.

2. Consulta la hoja de instrucciones del conmutador voltimétrico y observa cuáles son los bornes de entrada de línea y los de salida al voltímetro. La conexión debe ser similar a la mostrada en la figura 3.56.



↑ **Figura 3.56.** Conexiones conmutador voltimétrico y el voltímetro.

3. Retira las tapas de la canaleta que sean necesarias para completar el cableado.
4. Utilizando el cable de 1,5 mm^2, conecta las tres fases de entrada del conmutador voltimétrico en la línea que une el diferencial Q2 con los magnetotérmicos secundarios Q3, Q4 y Q5 y el protector de sobretensiones F1.
5. Conecta los dos cables de salida del conmutador voltimétrico a los bornes del voltímetro.



↑ **Figura 3.57.** Conexión de los cables de salida del conmutador voltimétrico

↑ **Figura 3.58.**

6. Coloca nuevamente las tapas de la canaleta.
7. Conecta la manguera del panel de pruebas a una toma de corriente.
8. Acciona el conmutador voltimétrico y observa que el voltímetro marca 400 V en todas las posiciones.

MUNDO TÉCNICO

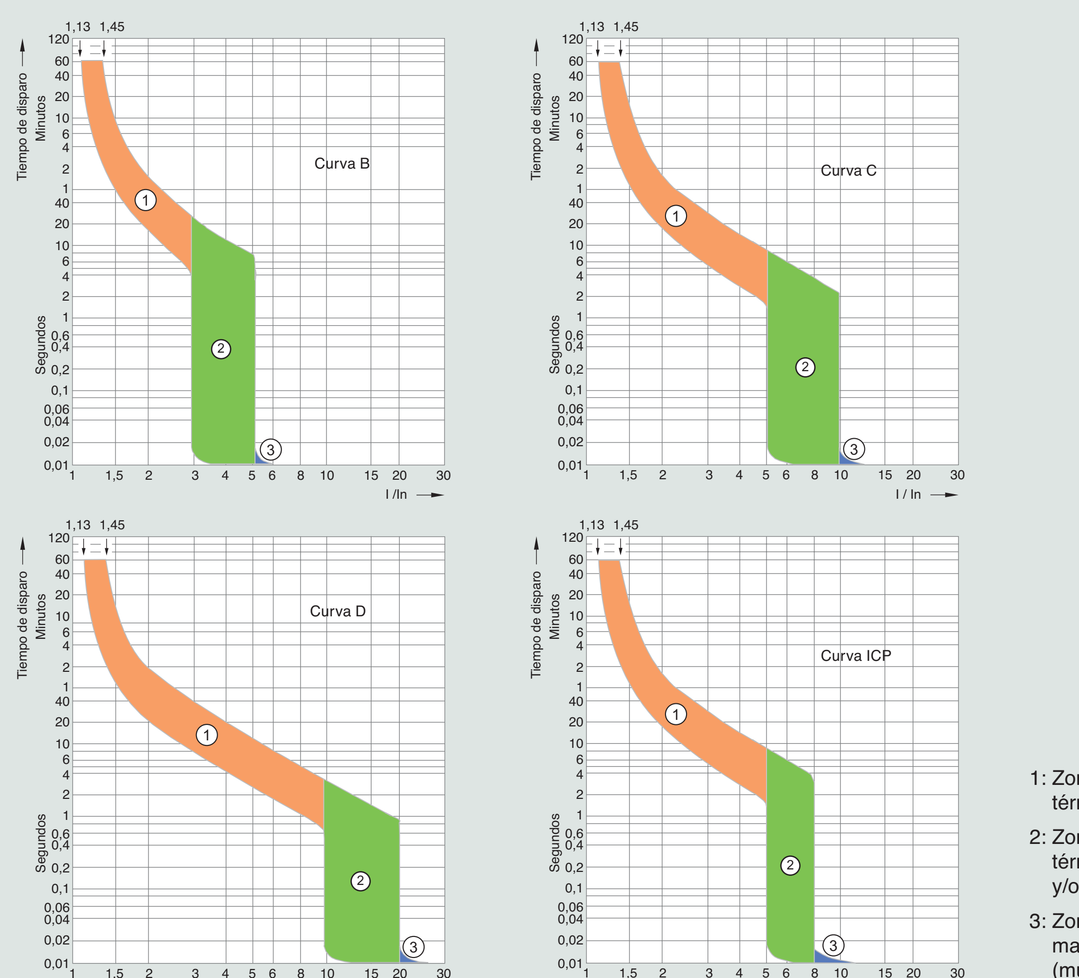
Tipo de curva de los interruptores magnetotérmicos

El tipo de curva determina el funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos, tiempos de corte y disparador que actúa en función del valor de la intensidad.

Es importante elegir un dispositivo de protección magnetotérmica teniendo en cuenta su curva de disparo, en función de las condiciones del circuito que quiere proteger.

Los tipos de curvas más frecuentes son los siguientes:

- Curva B: protección de conductores en que se prevean intensidades de cortocircuito bajas, es decir, circuitos puramente resistivos como calefacción, iluminación, etc.
- Curva C: protección de conductores en instalaciones de uso general, con la posibilidad de conectar pequeños motores, lámparas de descarga, etc.
- Curva D: curva indicada para instalaciones donde se manejen aparatos con elevados impulsos de corriente, por ejemplo, grandes motores, cargas capacitivas, etc.
- Curva ICP: se utiliza como interruptor de control de potencia.



↑ **Figura 3.59.** Tipos de curva de los interruptores magnetotérmicos.

EN RESUMEN

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. Si quisieras proteger una instalación contra sobrecargas y cortocircuitos con un solo dispositivo, colocarías:
   a) Un interruptor diferencial.
   b) Un fusible.
   c) Un interruptor automático.
   d) No es posible realizar las dos protecciones con un solo dispositivo.
2. La protección contra sobretensiones, siempre se coloca en __________ con la instalación que se desea proteger.
3. Existen en el mercado tres tipos fundamentales de fusibles: ___________, ___________ y __________
4. Asegurar, que cuando se produce un fallo en una instalación eléctrica, solo dispare el dispositivo de protección más cercano a dicho fallo, se denomina:
   a) Contacto directo.
   b) Selectividad.
   c) Filiación.
   d) Curva de disparo.
5. Cuando en un esquema se representan todos los aparatos y todos los conductores que los unen, se denomina esquema unifilar:
   a) Verdadero.
   b) Falso.
6. Una pinza amperimétrica es:
   ____
7. Se denomina sensibilidad de un interruptor automático a:
   a) Valor de la intensidad que circula por la instalación en condiciones normales.
   b) Valor de la tensión que existe en la instalación.
   c) Valor de la mínima intensidad de defecto que provoca apertura del circuito.
   d) En un interruptor automático no existe este concepto.

4 Motores eléctricos

vamos a conocer...

1. Motores eléctricos
2. Motores de corriente alterna
3. Motores de corriente continua

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Arranque manual de un motor trifásico mediante conmutador rotativo

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Arranque manual de un motor trifásico mediante conmutador estrella-triángulo

MUNDO TÉCNICO

Motores especiales

y al finalizar..

- Conocerás cuáles son las partes de un motor eléctrico.
- Aprenderás los diferentes tipos de motores que se utilizan de forma habitual en la industria.
- Construirás, y comprobarás, diferentes circuitos eléctricos para el arranque manual de motores eléctricos.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

A un encargado de mantenimiento se la ha encomendado instalar el motor de una cinta transportadora, destinado al desplazamiento de botes de conserva, en una fábrica de envasado de tomate. Debido a las condiciones en las que la máquina va a trabajar, se ha calculado que dicho motor debe disponer de una potencia de 1kW y que debe funcionar en un único sentido de giro.

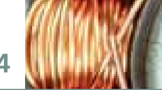
En el taller de mantenimiento de la propia fábrica dispone de varios tipos de motores de repuesto (de CA: monofásicos y trifásicos, de CC: *shunt* y de excitación independiente). Pensando en el entorno en el que va a trabajar la máquina y teniendo en cuenta que se debe valorar el bajo mantenimiento de la misma, debe elegir uno de ellos.

El operario ha consultado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y ha observado que, debido a la potencia del motor, no puede realizar un arranque directo, ya que la sobreintensidad producida en el momento del arranque, puede ser peligrosa para la instalación y los devanados del propio motor. Sin embargo, el funcionamiento de la máquina (parada y puesta en marcha) se debe gestionar, de forma manual, desde un interruptor próximo a ella.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico

1. ¿Qué diferencia hay entre corriente continua y corriente alterna?
2. ¿Tienes claros los conceptos de conexión serie y conexión paralelo? Pon un ejemplo.
3. ¿Para qué te puede servir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) en este caso?
4. Localiza las instrucciones del REBT relacionadas con el arranque de motores. ¿Cuáles son?
5. ¿Qué implica que un motor disponga de más potencia que otro?
6. ¿Crees que se podría instalar un motor de menos potencia para mover la cinta transportadora?
7. ¿Crees que todos los motores sirven para los dos tipos de corriente (alterna y continua)?
8. ¿Qué dispositivos de protección, de los que conoces hasta el momento, utilizarías para proteger motores de corriente continua?, ¿y para proteger los de corriente alterna?
9. ¿Por dónde acoplarías el motor a la cinta trasportadora?
10. Como el motor que se va a instalar en la máquina de envasado requiere el mínimo mantenimiento ¿Qué tipo eligirías, uno de corriente continua o uno de alterna?



1. Motores eléctricos

caso práctico inicial

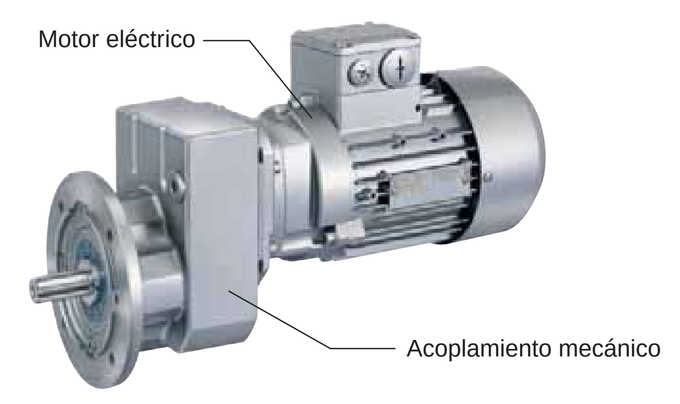
El REBT dice:

«Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente».

«Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas».

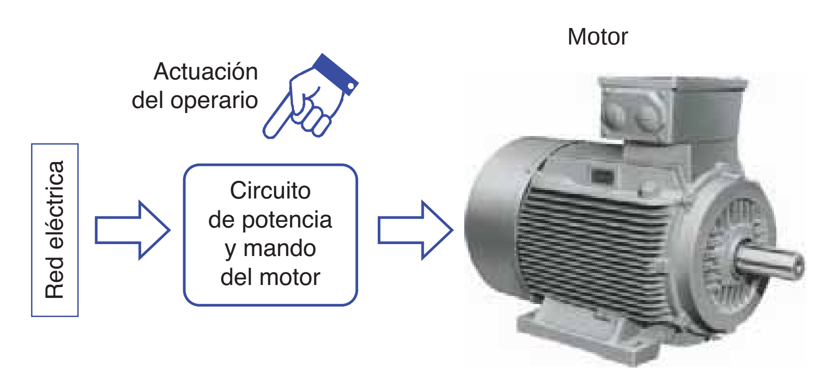
La gran mayoría de los movimientos que realizan las máquinas en la industria, para tareas tan dispares como desplazar objetos, empaquetar, cerrar puertas, subir y bajar materiales, agitar líquidos, etc., se realizan mediante motores eléctricos.

Un motor, es un receptor que al ser alimentado mediante una corriente eléctrica, produce un movimiento giratorio en su eje que, a través de los acoplamientos mecánicos adecuados, es aprovechado para efectuar diferentes trabajos en el sector industrial y doméstico.



↑ **Figura 4.1.** Motor eléctrico con acoplamiento mecánico.

Generalmente el funcionamiento y arranque de los motores eléctricos suele estar gestionado por sistemas de automatismos eléctricos. Este es el motivo por el que debes conocer previamente, cuáles son los diferentes tipos de motores utilizados en la industria y cómo se conectan. El siguiente paso, que tendrás oportunidad de estudiar en las próximas unidades, será montar y poner a punto los diferentes circuitos de automatismos que permiten realizar maniobras con algunos tipos de motores.



↑ **Figura 4.2.** Esquema de bloques para el arranque de un motor eléctrico.

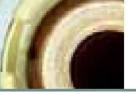
Tipos de motores eléctricos

caso práctico inicial

Un motor de corriente continua no puede utilizarse en corriente alterna y viceversa.

Atendiendo al sistema de corriente utilizado en la alimentación, se pueden establecer dos tipos de motores: corriente alterna y corriente continua.

Debido a su fácil conexión, bajo mantenimiento y poco coste de fabricación, los más utilizados en la actualidad son los motores de corriente alterna, dejándose para aplicaciones más específicas los de corriente continua.



En esta unidad estudiarás diferentes formas de conexionar algunos motores de corriente alterna, aunque al final de la misma se dará una visión general sobre cómo conectar los motores de corriente continua.

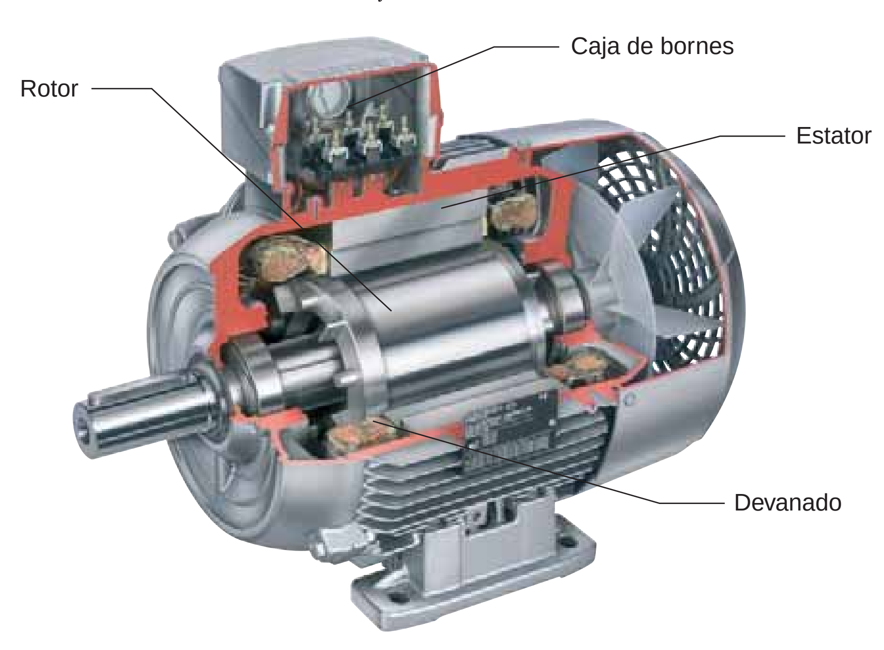
Partes internas de un motor eléctrico

Un motor, y en general cualquier máquina eléctrica rotativa, está constituida por dos partes bien diferenciadas: el rotor y el estator.

El rotor es la parte giratoria de la máquina eléctrica y se aloja en el interior del circuito magnético del estator. Desde el exterior lo único que se puede ver de él es su eje.

Dependiendo del tipo de máquina eléctrica, el rotor puede estar bobinado o no. En el primer caso, el conexionado eléctrico se realiza desde la caja de bornes, a través de escobillas, a un sistema de colector o anillos rozantes.

El estator es la parte fija de de la máquina. Está formado por chapa magnética ranurada (o piezas polares), en la que se aloja el devanado. La conexión eléctrica se realiza desde exterior a través de la caja de bornes.

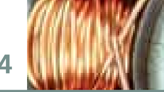


← **Figura 4.3.** Partes de un motor eléctrico.

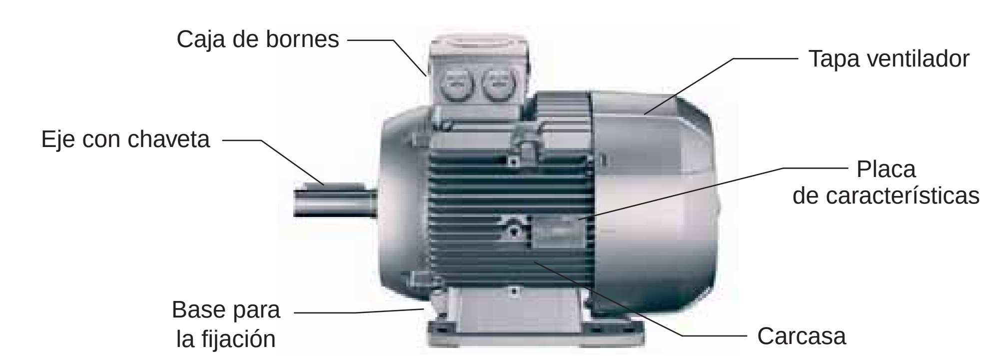
Partes externas de un motor eléctrico

Si echas un vistazo al exterior de un motor eléctrico, podrás identificar las siguientes partes:

- **Caja de bornes:** permite la conexión del motor eléctrico al sistema de alimentación.
- **Placa de características:** es una placa de aluminio en la que se encuentran estampadas (por serigrafia o troquel) las características más significativas del motor.
- **Eje:** es el elemento por el que se trasmite el movimiento giratorio del motor. Dispone de una chaveta para el acoplamiento a la maquinaria en la que vaya a ser instalado.
- **Carcasa:** cubre todo el interior del motor, tanto el circuito eléctrico como el circuito magnético.



- **Tapa del ventilador:** cubre el sistema de ventilación del motor. Dispone de una rejilla para facilitar la salida de aire.
- **Base de fijación:** es la parte de la carcasa que permite la fijación del motor a la bancada en la que va a ubicarse. Suele disponer de cuatro ranuras para la fijación y ajuste mediante tornillos.



→ **Figura 4.4.** Partes externas de un motor eléctrico.

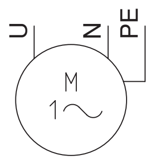
2. Motores de corriente alterna

recuerda

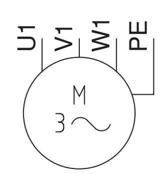
El borne PE corresponde al conductor de protección (toma de tierra).

En función del número de fases de la alimentación, los motores de corriente alterna **pueden ser monofásicos y trifásicos.** Los monofásicos se alimentan mediante fase y neutro y los trifásicos mediante tres fases. Los primeros se utilizan mayoritariamente en entornos domésticos y los segundos en entornos industriales.

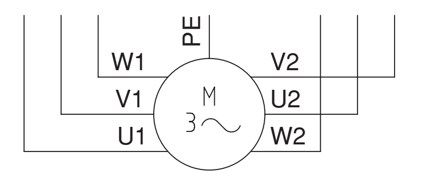
Los símbolos normalizados para identificar estos motores son los siguientes.



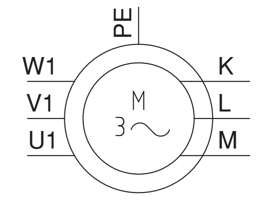
↑ **Figura 4.5.** Motor monofásico.



↑ **Figura 4.6.** Motor trifásico con rotor en cortocircuito.



↑ **Figura 4.7.** Motor trifásico con 6 bornes.



↑ **Figura 4.8.** Motor con rotor bobinado.

Estos tipos de motores son denominados habitualmente motores de inducción o asíncronos.

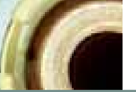
Entre los motores trifásicos, podemos destacar dos tipos en función del devanado del rotor: los de **jaula de ardilla (o cortocircuito)** y los de **rotor bobinado** (o también denominado de anillos rozantes). Los primeros se utilizan de forma mayoritaria en todo tipo de aplicaciones, y los segundos en aquellos casos específicos que requieren un gran par motor.



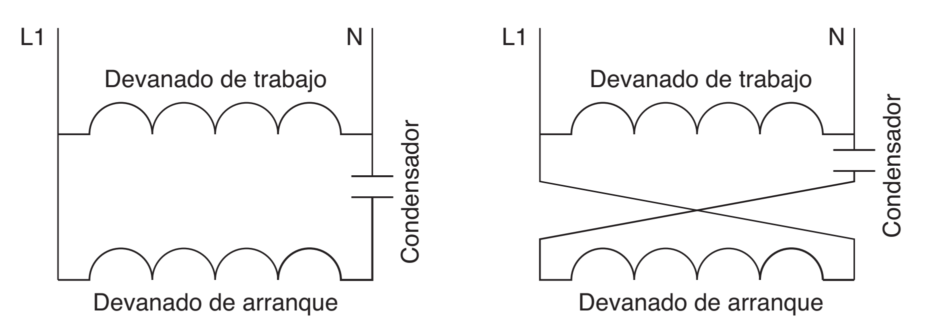
↑ **Figura 4.9.** Motor monofásico con condensador de arranque (ALECOP).

2.1. Motores monofásicos

Los motores monofásicos disponen en su interior de dos devanados, uno de arranque y otro de trabajo. Lo habitual es que la caja de bornes de este tipo de motores, disponga solamente de dos bornes, que se conectan directamente entre la fase y el neutro de la red eléctrica. En este caso, el motor tiene un único sentido de giro que no se puede cambiar sin desmontar la máquina, ya que para ello es necesario permutar la polaridad de uno solo de los devanados.



Estos motores suelen tener conectado en serie al devanado de arranque, un condensador (en el exterior) o un interruptor centrífugo (en el interior). El primer método el más utilizado en la actualidad debido a su nulo mantenimiento.



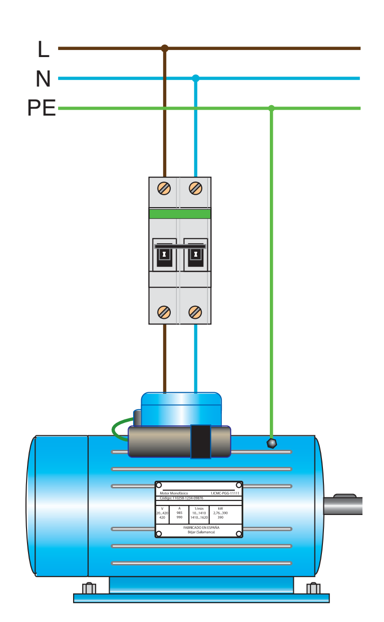
↑ **Figura 4.10.** Inversión del sentido de giro de un motor monofásico.



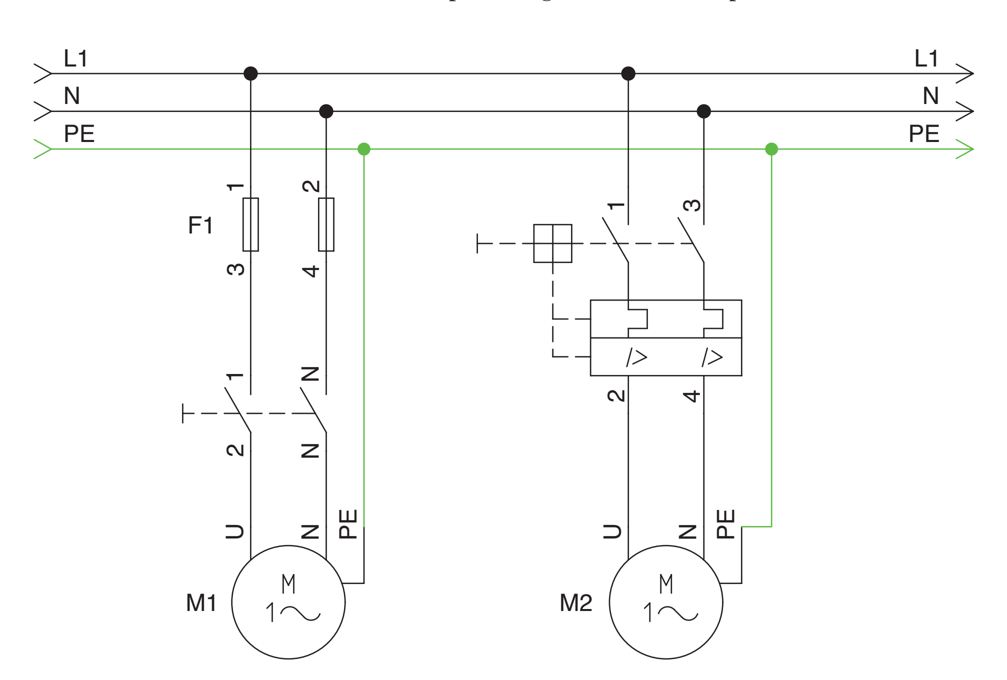
↑ **Figura 4.11.** Interruptor centrífugo de motor monofásico.

Estos motores son de baja potencia y su arranque se puede hacer con interruptor bipolar como se muestra en la figura 4.12.

En la figura 4.13 puedes ver dos formas de arranque directo de un motor monofásico. En el esquema de la izquierda, el motor se alimenta de la red eléctrica con un interruptor bipolar y la protección se realiza mediante fusibles. En el esquema de la derecha, tanto la conmutación de la alimentación eléctrica como la protección, se realiza mediante un interruptor magnetotérmico bipolar.



↑ **Figura 4.12.** Conexión de interruptor bipolar para arranque de motor monofísico.



↑ **Figura 4.13.** Arranque directo.

ACTIVIDADES

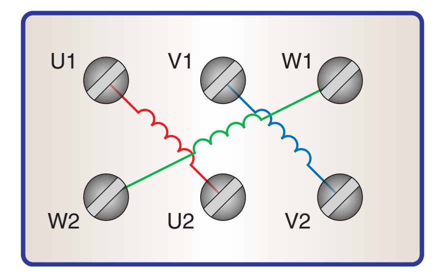
1. Utilizando un motor didáctico monofásico, realiza las conexiones necesarias para que el motor arranque. Conecta el conjunto a la red eléctrica y observa el sentido de giro de la máquina.
2. Desconecta la máquina de la red y permuta las conexiones de uno de los devanados. Aliméntalo de nuevo y comprueba visualmente que el motor gira en sentido contrario.

2.2. Motores trifásicos de rotor en jaula de ardilla

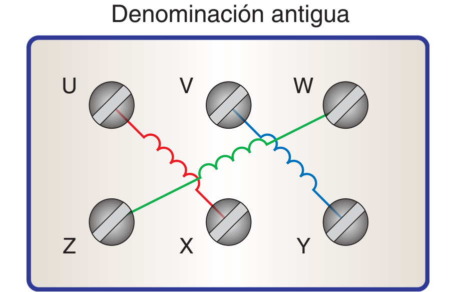
Los motores trifásicos disponen en el estator tres devanados, uno por fase. Cada devanado tiene dos terminales, un principio y un final, que salen a la caja de bornes, quedando conectados internamente de la siguiente forma:

↑ **Figura 4.14.** Detalle de los devanados internos de un motor de inducción. (Cortesía Alecop).

Denominación moderna



Denominación antigua



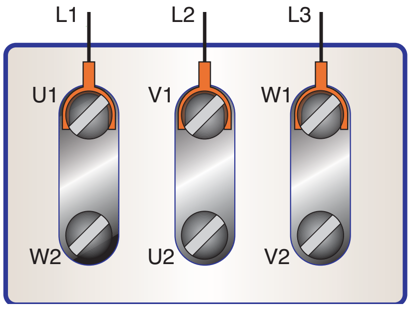
↑ **Figura 4.15.** Conexión interna de los devanados de un motor trifásico.

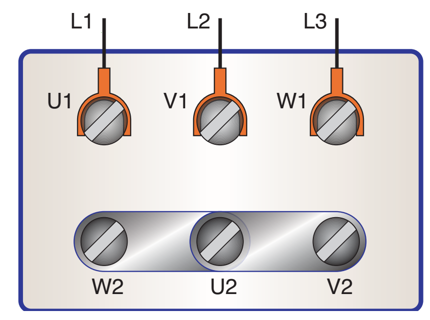
En este tipo de motores, el rotor no está bobinado, por tanto no es necesario realizar en él ningún conexionado eléctrico.

Los motores trifásicos disponen una caja de bornes con 6 bornes, los cuales pueden ser interconectados entre sí de la siguiente manera:

seguridad

Es importante no manipular nunca la caja de bornes mientras el motor está conectado a la red.





↑ **Figura 4.16.** Conexión triángulo y conexión estrella.

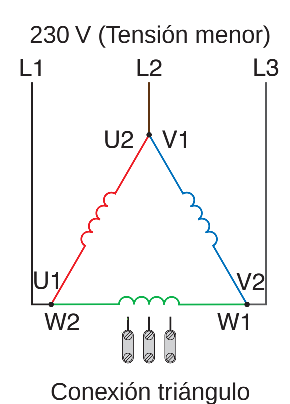
La primera conexión se denomina **triángulo** y es para la menor tensión de funcionamiento del motor. La segunda conexión se denomina **estrella** y es para la tensión mayor.

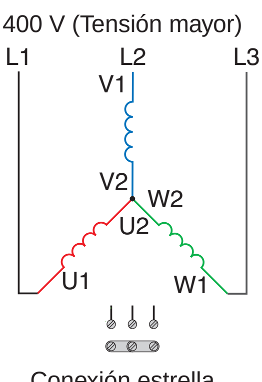
Así, se puede decir que todos los motores trifásicos son bitensión.

Por ejemplo, si un motor trifásico indica en su placa de características, que la tensión nominal es de 230V/400V, si se conecta a una red de alimentación de 230V, la conexión debe hacerse en triángulo. Sin embargo, si la red de alimentación es de 400 V, la conexión de los bornes debe hacerse en estrella.

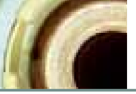


↑ **Figura 4.17.** Bornero de un motor trifásico.





→ **Figura 4.18.** Conexión de los devanados de un motor trifásico.



Todos los motores disponen de un conjunto de chapas perforadas, que facilitan la conexión de los bornes en estrella o en triángulo.






↑ **Figura 4.19.** Diferentes cajas de bornes de motores trifásicos (SIEMENS AG).

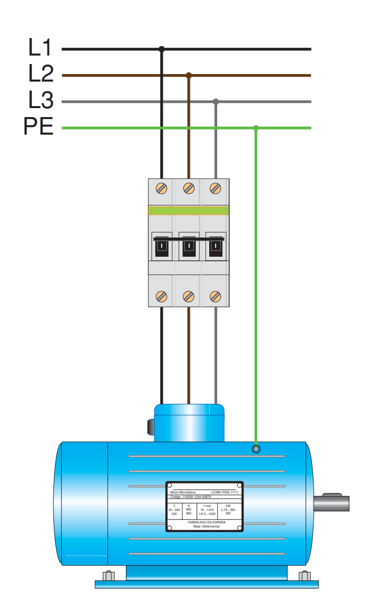
Arranque directo de un motor trifásico

Los motores de baja potencia (menores de 0,75 kW), pueden arrancarse de forma directa mediante un interruptor tripolar, que permita la apertura o cierre de todas las fases a la vez.



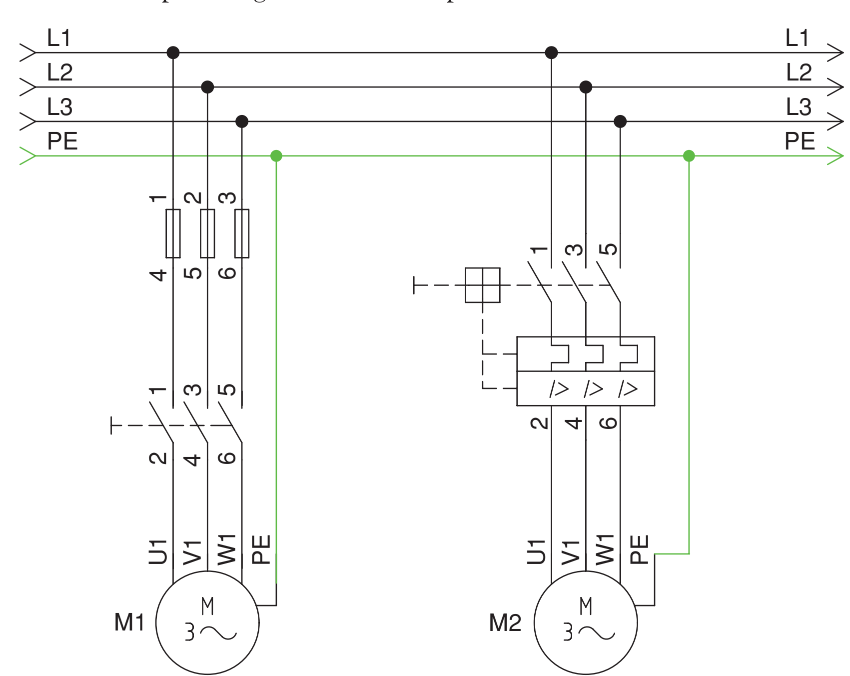


↑ **Figura 4.20.** Diferentes tipos de interruptores tripolares no automáticos.



↑ **Figura 4.21.** Ejemplo de conexión para el arranque de un motor trifásico con interruptor magnetotérmico tripolar.

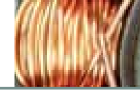
En el esquema de la izquierda, el corte se hace con un interruptor trifásico de accionamiento manual y la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, mediante fusibles. En el esquema de la derecha, el arranque y la protección se hace mediante un interruptor magnetotérmico tripolar.



↑ **Figura 4.22.** Dos formas de arranque directo de un motor trifásico.

seguridad

La carcasa de todos los motores debe conectarse siempre al cable de toma de tierra (PE).



según el REBT

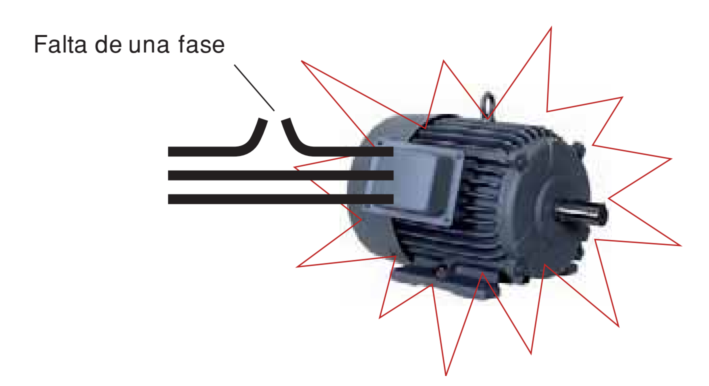
Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.

Falta de una fase en la alimentación de un motor trifásico

Si un motor trifásico es alimentado con solo dos de las tres fases de la red eléctrica, se produce una sobrecorriente en estas fases, que si se mantiene en el tiempo, puede hacer peligrar los devanados internos del motor, destruyéndolos de forma irremediable a los pocos segundos de darse esta situación.

Si el motor está parado y se intenta arrancar en dos fases, emite un sonido característico y no arranca. Sin embargo, si el motor está en marcha cuando se produce la falta de una fase, es muy posible que el motor siga girando, emitiendo un sonido anormal, hasta que se quema.

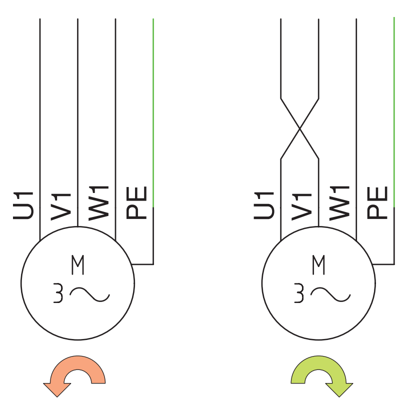
En el mercado existen diferentes dispositivos que detectan la falta de una fase, permitiendo desconectar el motor de la red eléctrica.



↑ **Figura 4.23.** Motor trifásico en dos fases.

Inversión del sentido de giro de un motor trifásico

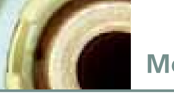
La inversión de giro en este tipo de motores se realiza permutando dos de las fases de alimentación.



↑ **Figura 4.24.** Motor trifásico en dos fases.

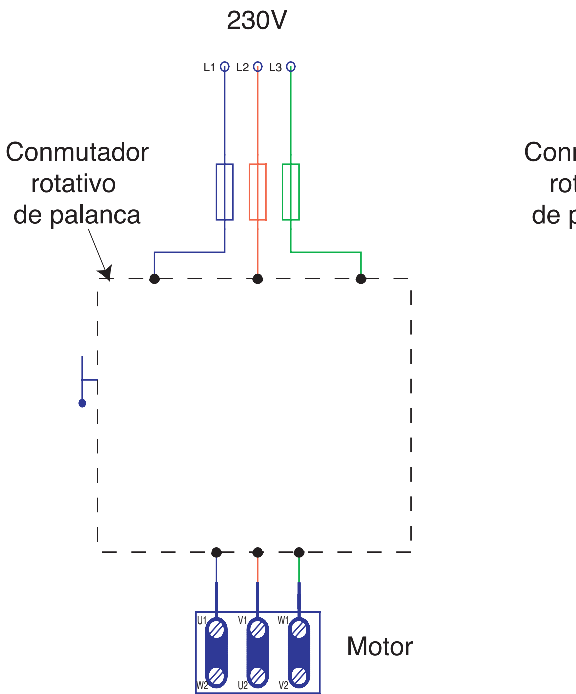
Para realizar la inversión sin necesidad de desconectar los cables del motor, se utiliza un conmutador de potencia destinado a tal fin. En este caso, el conmutador es el encargado de realizar la permutación de fases en su interior.

Estos conmutadores disponen de tres posiciones: una central (0) para motor parado, otra para el giro a izquierdas (I) y otra para giro a derechas (II). El cambio de fases, para la inversión del sentido de giro, se realiza internamente. La conexión de cables es bien sencilla, tres bornes para las tres fases de entrada, que vienen de la alimentación, y tres bornes para las fases de salida, que se conectan al motor.

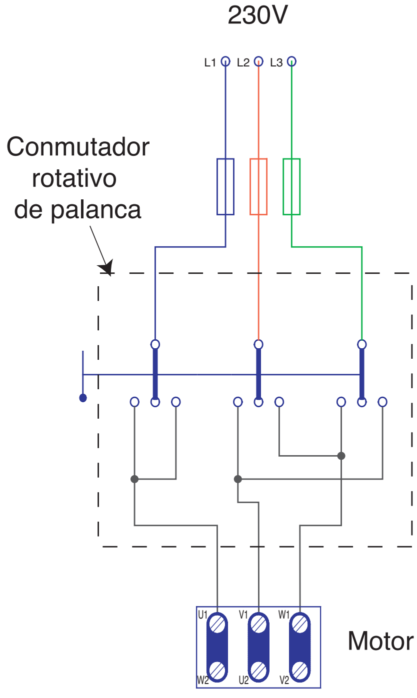


En la figura 4.26, el conmutador rotativo de palanca para realizar la inversión de giro está representado por el rectángulo con línea discontinua. Es decir, que el conmutador real dispone de seis bornes de conexión, tres para la alimentación de la red eléctrica y los otros tres para la salida al motor.

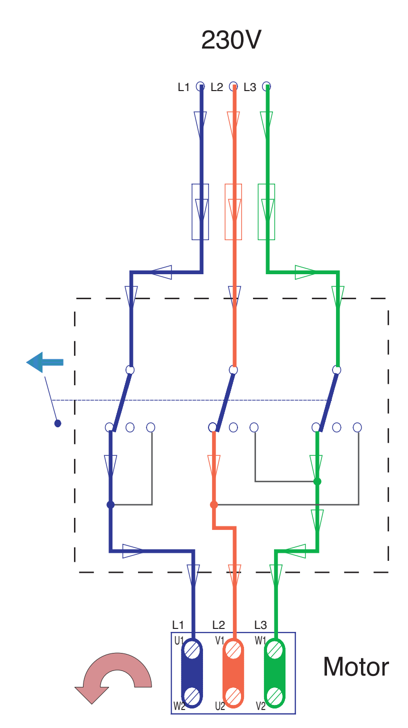
En esta secuencia de imágenes, puedes observar el funcionamiento interno de un conmutador rotativo, para la inversión del sentido de giro de un motor trifásico de rotor en jaula de ardilla:



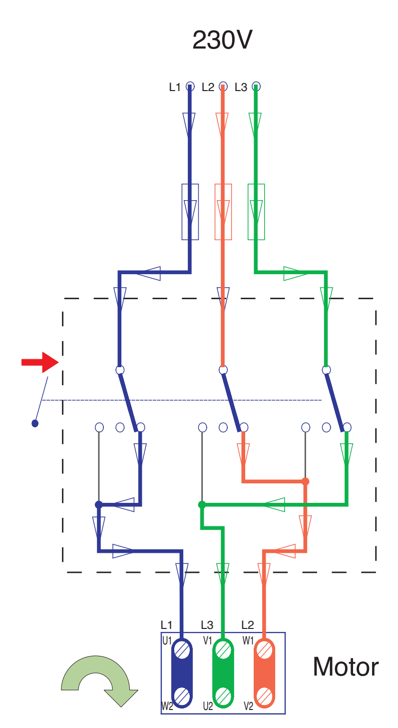
↑ **Figura 4.26.** Conexión del conmutador inversor.



↑ **Figura 4.27.** Posición 0: motor parado.



↑ **Figura 4.29.** Posición 1: giro a izquierdas.



↑ **Figura 4.30.** Posición 2: giro a derechas.

saber más

Existen en el mercado diferentes tipos de conmutadores para realizar la inversión del sentido de giro de un motor trifásico de forma manual, aunque los más utilizados en cuadros eléctricos son los denominados conmutadores de levas.



↑ **Figura 4.25.** Conmutador de levas de accionamiento rotativo para cuadro.



↑ **Figura 4.28.** Conmutador de palanca para ubicar a pie de máquina.



caso práctico inicial

A mayor potencia del motor, mayor es el pico de corriente en el momento del arranque.

¿Qué ocurre en el momento del arranque de los motores de inducción?

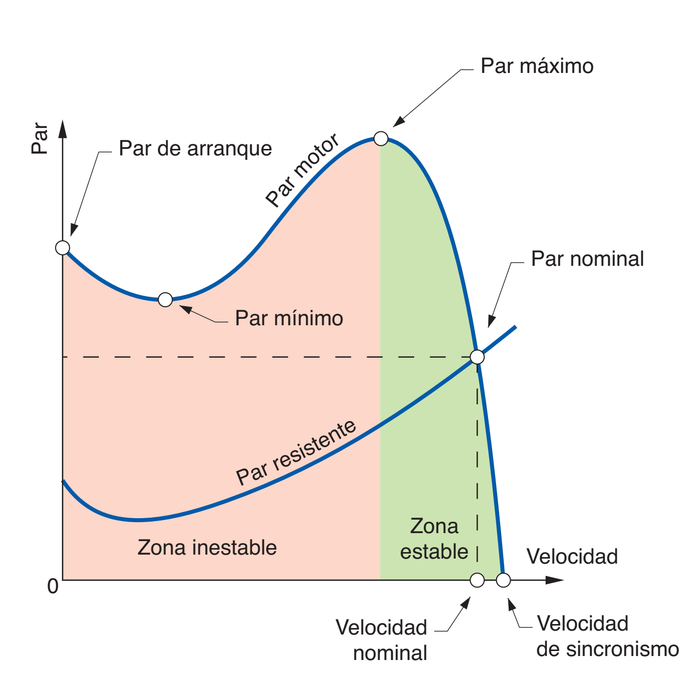
El instante del arranque de un motor de inducción es especialmente delicado, ya que la máquina debe vencer el par resistente que se aplica en su eje, hasta conseguir la velocidad de funcionamiento nominal. Si la carga que se aplica en él es excesivamente grande, el motor puede no llegar a arrancar.

Los fabricantes de motores suelen representar esta característica mediante la denominada curva **Par-Velocidad**. En ella se puede observar lo que ocurre con el par motor hasta que consigue la velocidad nominal.

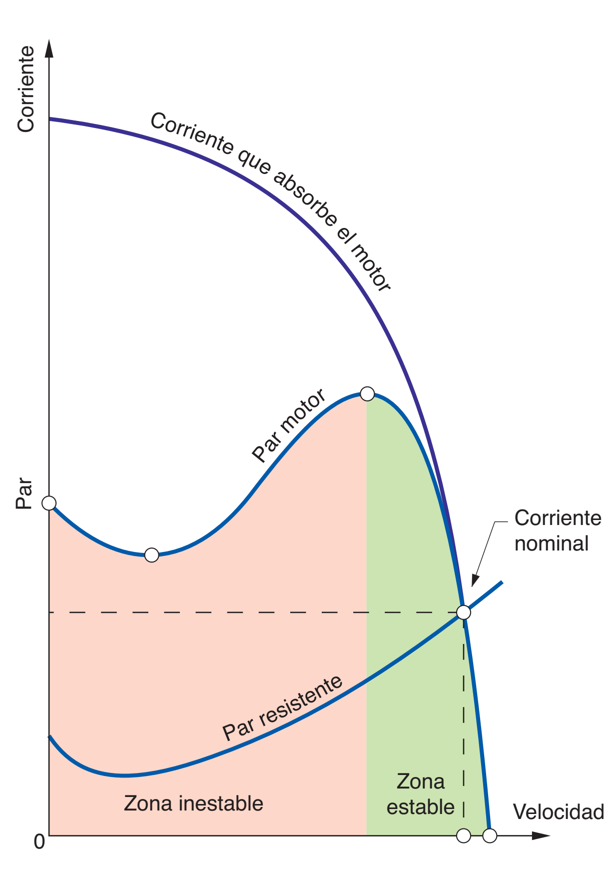
Como puedes ver en la figura 4.31, existe una zona inestable, en la que el par motor pasa por diferentes valores. En ese momento, si el par resistente es excesivamente elevado y está por encima de la curva del par motor, la máquina puede tener problemas para arrancar o incluso no conseguirlo. Una vez superada esta zona inestable, el motor consigue su velocidad nominal, funcionando en condiciones normales.

vocabulario

El **par motor** es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro.



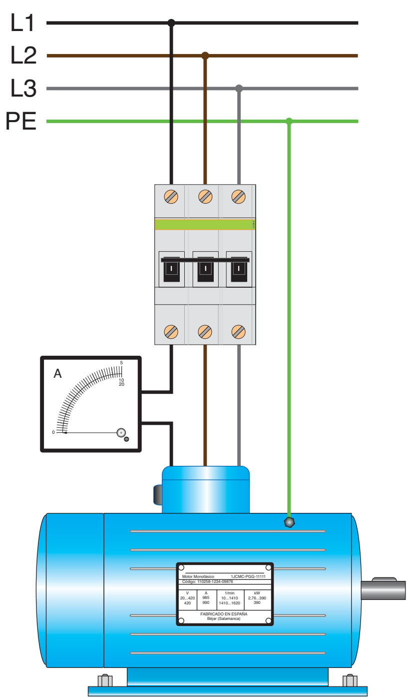
↑ **Figura 4.31.** Curva Par-Velocidad.

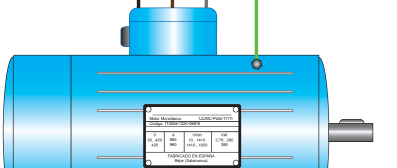


↑ **Figura 4.32.** Curva de corriente sobre la curva Par-Velocidad.

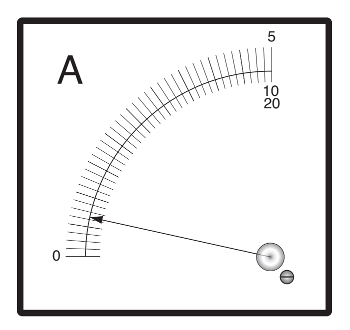
Vencer el par resistente en el momento del arranque, cuando el motor está a plena carga, produce una sobrecorriente, cuyo valor es muy superior a la corriente nominal del motor, que puede resultar enormemente perjudicial, tanto para la instalación como para la aparamenta que alimenta la máquina. Este efecto se enfatiza en los motores de gran potencia y por tanto es necesario tenerlo siempre en cuenta.

Para observar la sobrecorriente en el instante del arranque, simplemente debes insertar un amperímetro, de fondo de escala adecuado, en serie en una de las fases que alimentan el motor.

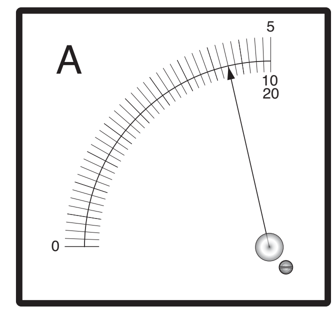




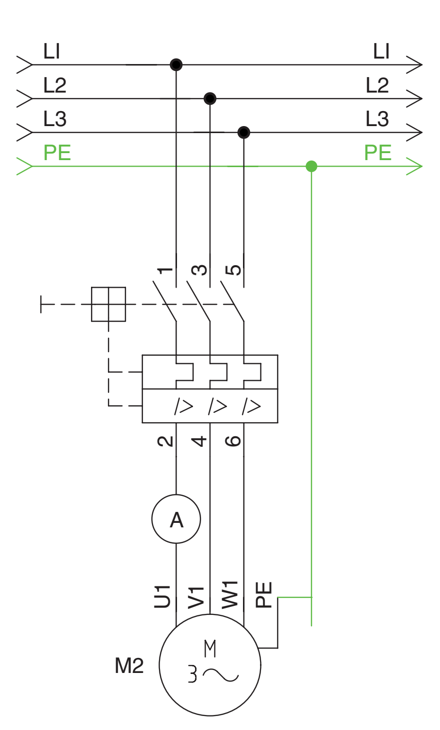
↑ **Figura 4.33.** Conexión del amperímetro en una de las fases.



↑ Corriente en el momento del arranque.



↑ **Figura 4.34.** Corriente nominal.



↑ **Figura 4.35.** Esquema del circuito.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-47 dice: «los motores de potencia superior a 0,75 kW, debe disponer de un dispositivo de arranque que no permita que la relación de corriente entre el periodo del arranque y la marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente»

caso **práctico** inicial

El REBT dicta el tipo de arranque que se debe utilizar en función de la potencia de la máquina.

Potencia nominal del motor de CA	**Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga**
De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
De más de 15,0 kW	1,5

ACTIVIDADES

3. Antes de continuar, realiza el montaje de la ficha «Arranque manual de un motor trifásico mediante conmutador rotativo» y comprueba lo que ocurre con la corriente en el momento del arranque.



Arranque estrella/triángulo

caso práctico inicial

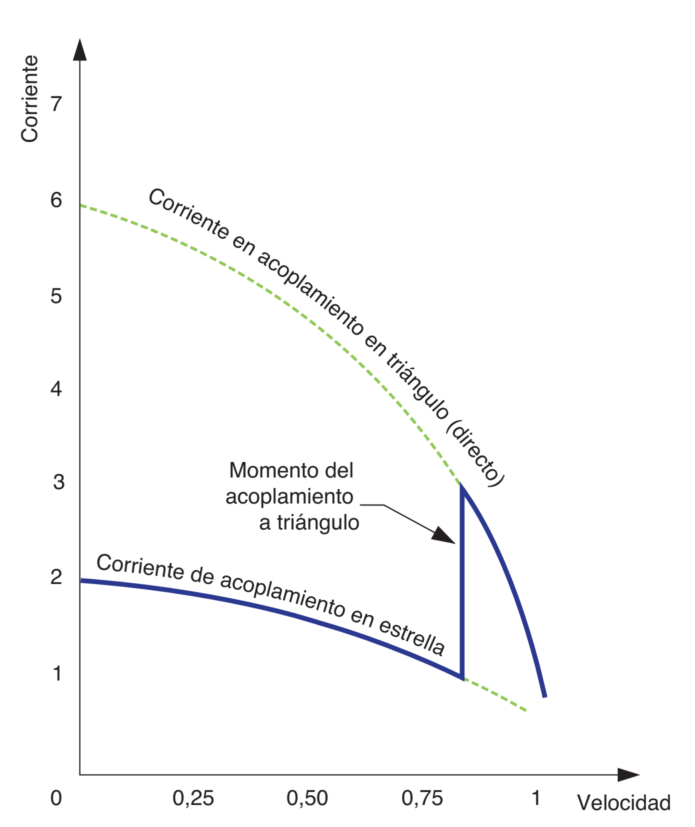
El motor de la cinta transportadora del caso práctico necesita un dispositivo para disminuir la corriente en el momento del arranque.

Existen varios métodos para evitar las sobrecorrientes en el instante del arranque de los motores trifásicos de jaula de ardilla, pero posiblemente, el más utilizado, por su sencilla implementación y bajo coste, es el denominado arranque estrella/triángulo.

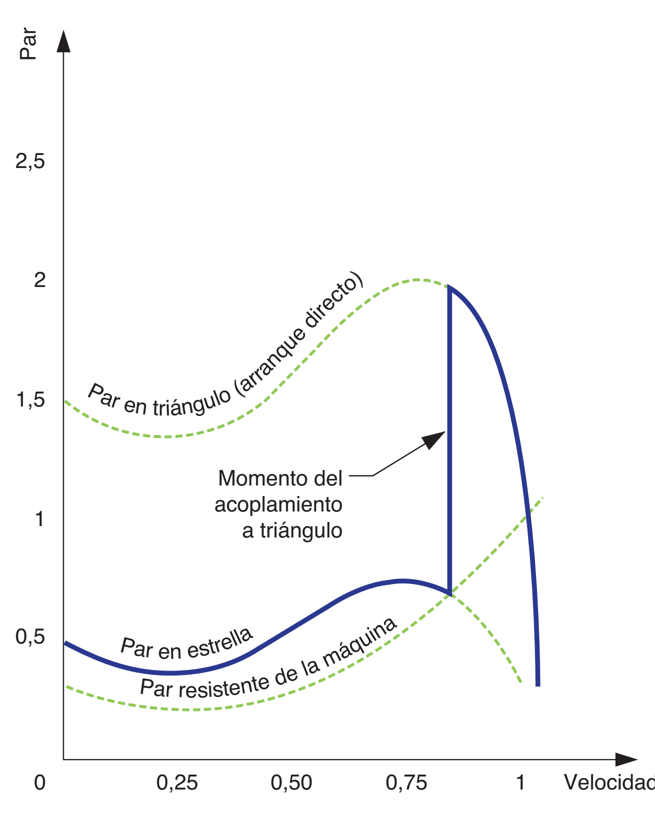
En próximas unidades podrás estudiar y practicar con otros tipos de arranques.

El arranque estrella/triángulo consiste en poner en marcha el motor en dos tiempos. En el primero, que coincide con la conmutación a la red eléctrica, el motor funciona con sus bornes conectados en estrella, consumiendo así tres veces menos corriente que en funcionamiento nominal. En el segundo tiempo, que coincide cuando la máquina ya ha conseguido la velocidad y corriente nominales, la caja de bornes se conmuta al modo triángulo, trabajando así en las condiciones de marcha normal para las que ha sido diseñado.

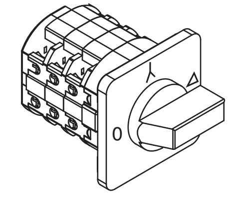
Así las curvas Par-Velocidad y Corriente-Velocidad se ven afectadas de la siguiente forma:



↑ **Figura 4.36.** En el instante del arranque, al conexionar el motor en estrella, la corriente disminuye 3 veces la que consumiría si el arranque se hiciera de forma directa.



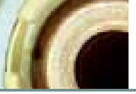
↑ **Figura 4.37.** En el tiempo que la máquina está conectada en estrella, el par motor también disminuye de forma considerable. En este caso, si la carga en el eje (par resistente) es muy grande, el motor no arrancaría.

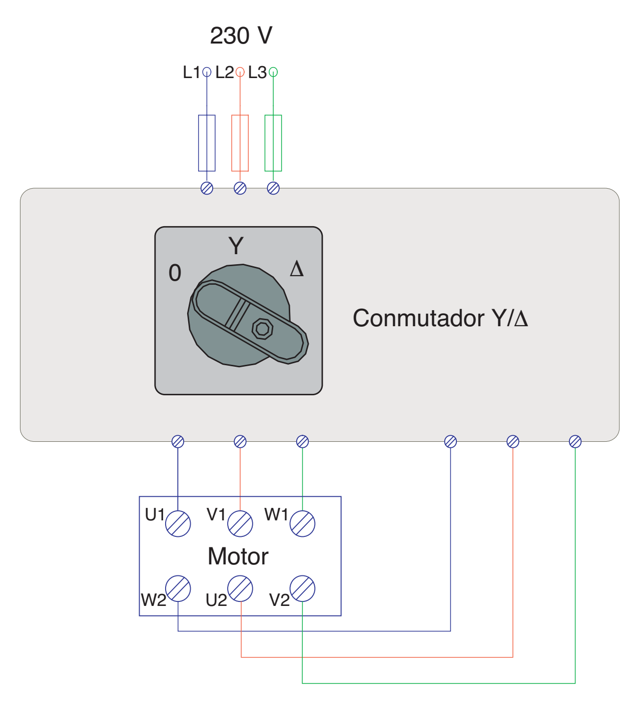


↑ **Figura 4.38.** Conmutador estrella/triángulo de levas (ABB).

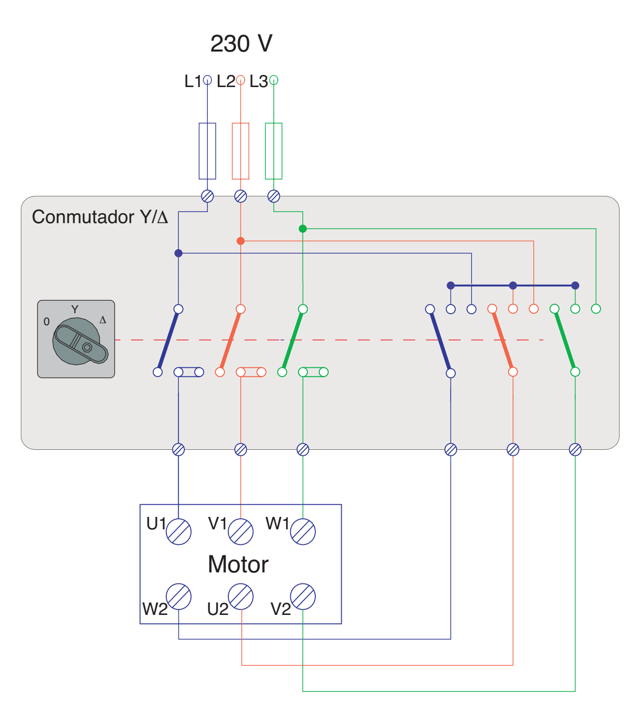
Existen varias técnicas para realizar el arranque estrella/triángulo. Cuanto mayor es la potencia del motor, mayor debe ser la precisión en la conmutación de estrella a triángulo y por tanto, también el grado de automatización del circuito.

Sin embargo, para motores de pequeña potencia se pueden utilizar sistemas de conmutación manual, estando muy extendido, en cuadros eléctricos, el uso de los conmutadores de levas.

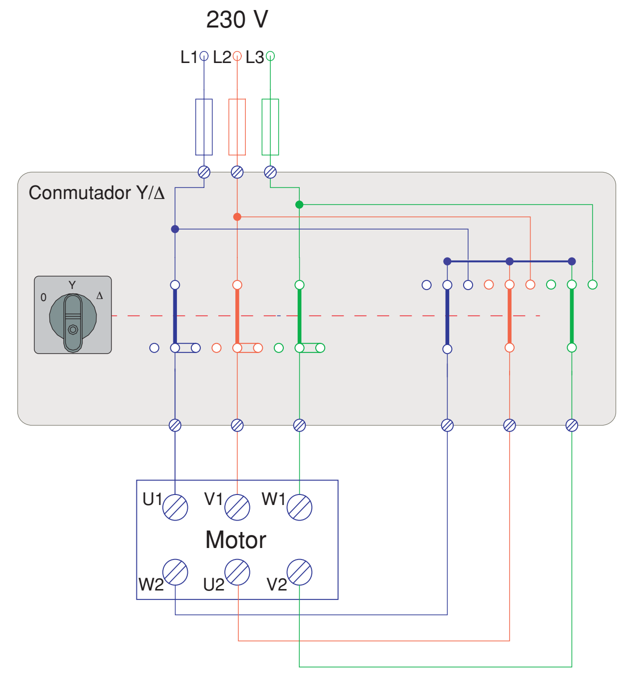




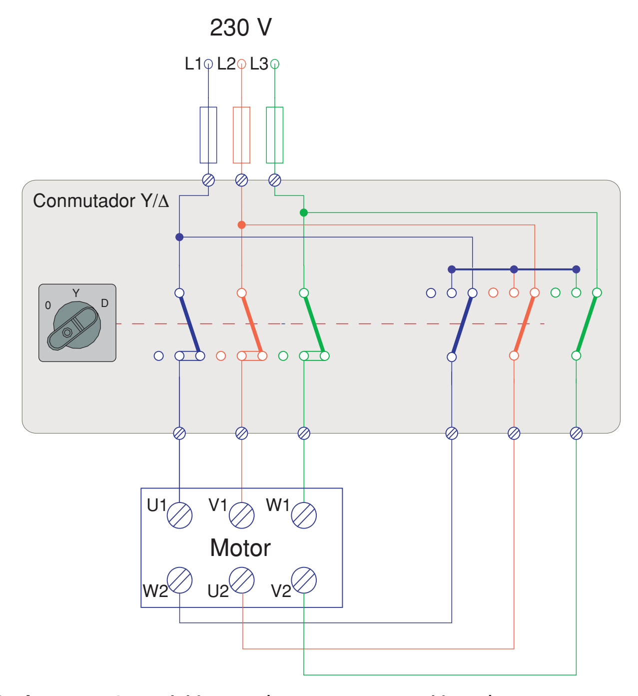
↑ **Figura 4.39.** Conexión del conmutador a la caja de bornes del motor.



↑ **Figura 4.40.** Posición 0: motor parado.



↑ **Figura 4.41.** Posición Y: el motor arranca en estrella.



↑ **Figura 4.42.** Posición Δ: el motor pasa a triángulo.

ACTIVIDADES

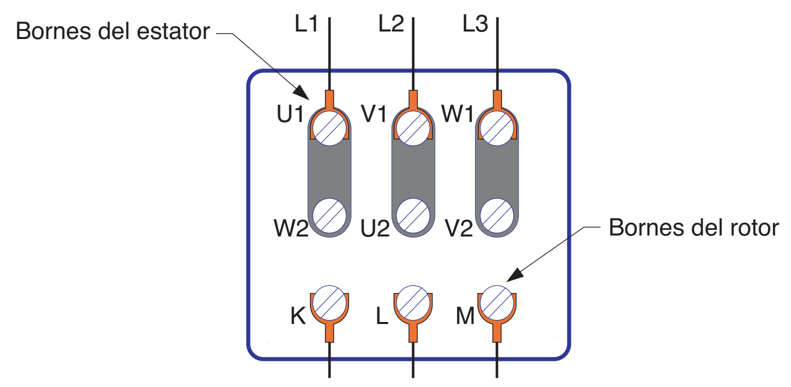
4. Antes de continuar, realiza el montaje de la ficha «Arranque manual de un motor trifásico mediante conmutador estrella triángulo», que encontraras al final de esta unidad. Comprueba lo que ocurre con la corriente en el momento del arranque y saca conclusiones respecto a lo que has observado en la actividad anterior.



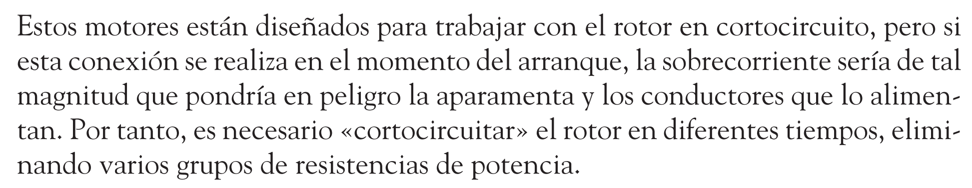
2.3. Motores de inducción con rotor bobinado

Su uso no está tan extendido como los de rotor en jaula de ardilla o cortocircuito, pero **se utilizan para aplicaciones muy concretas que requieren un gran par motor.**

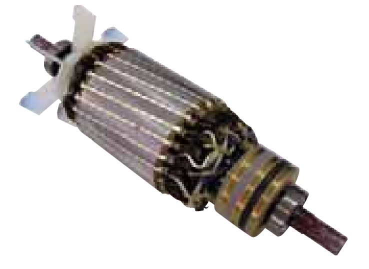
La caja de bornes tiene los seis bornes habituales en los motores trifásicos, que permiten conectar los devanados del estator en estrella y triángulo, de igual forma que se ha visto para los motores de rotor en jaula de ardilla. Pero además, dispone de tres bornes adicionales para el conexionado externo del devanado del rotor, etiquetados como K,L,M.



↑ **Figura 4.43.** Caja de bornes de un motor con rotor bobinado.

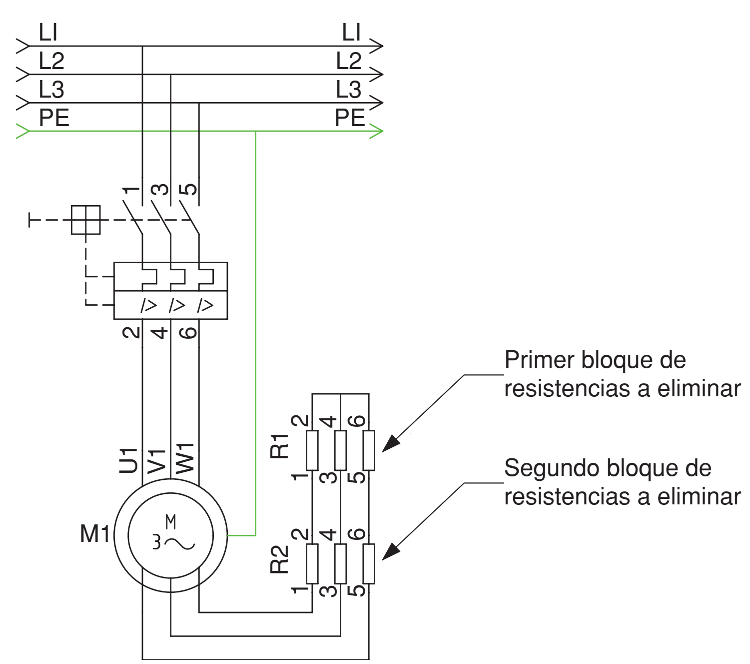


Estos motores están diseñados para trabajar con el rotor en cortocircuito, pero si esta conexión se realiza en el momento del arranque, la sobrecorriente sería de tal magnitud que pondría en peligro la aparamenta y los conductores que lo alimentan. Por tanto, es necesario «cortocircuitar» el rotor en diferentes tiempos, eliminando varios grupos de resistencias de potencia.



↑ **Figura 4.44.** Detalle de un rotor bobinado.

La complejidad técnica que requiere la maniobra para la eliminación de estas resistencias por escalones, desaconseja el arranque manual, haciéndose necesario el uso de un circuito de automatismos. En próximas unidades tendrás oportunidad de practicar este tipo de arranque.



↑ **Figura 4.45.** Conexión de un motor de inducción de rotor bobinado.

3. Motores de corriente continua

El fácil conexionado, bajo coste y mantenimiento de los motores de corriente alterna con rotor en jaula de ardilla, ha relegado a los motores de corriente continua a aplicaciones muy concretas. Si bien es cierto que para aplicaciones como la robótica y el posicionamiento, aun se utilizan de forma masiva, cuando se requieren máquinas de gran potencia, lo habitual es utilizarlas de corriente alterna.

Aquí tendrás oportunidad de conocer, de forma básica, cómo se conectan y arrancan los diferentes tipos de motores de corriente continua que aún puedes encontrar en la industria.

caso práctico inicial

Debido a que el motor del caso práctico requiere un mantenimiento mínimo la mejor opción es utilizar un motor de corriente alterna.

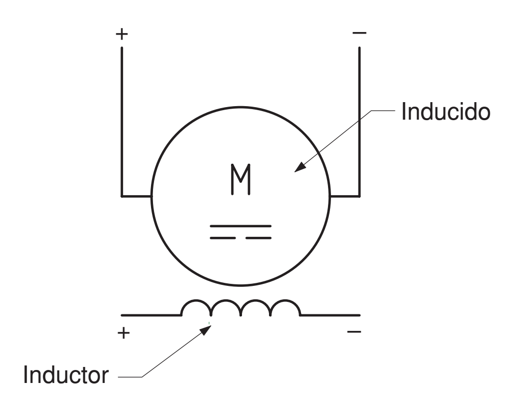
3.1. Generalidades

Todas las máquinas de corriente continua son reversibles y pueden funcionar como **motor** o como **generador**.

Disponen de dos devanados: el **inducido** en el rotor y el **inductor** (o excitación) en el estator.

saber más

El estudio como generador se escapa de los objetivos de este libro y por tanto, solamente se verá su funcionamiento como motor.

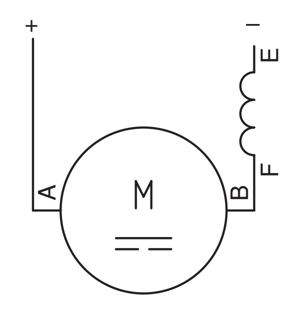


↑ **Figura 4.46.** Símbolo general de un motor de corriente continua.

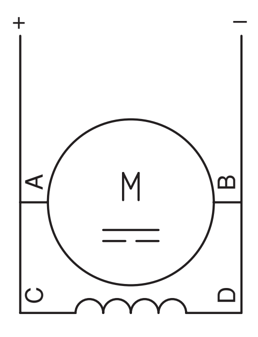
Según cómo se conecten entre sí estos devanados, se pueden conseguir las siguientes configuraciones:

- Máquina serie.
- Máquina *shunt* o derivación.
- Maquina compuesta (*compound*).
- Máquina de excitación independiente.

Los símbolos son los siguientes:

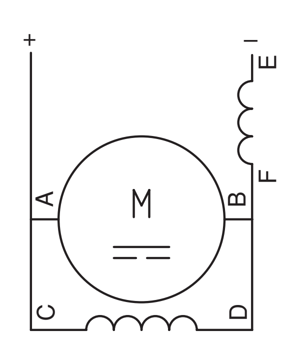


↑ **Figura 4.47.** Serie.

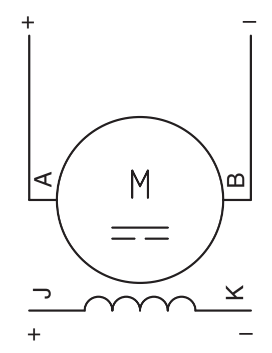




↑ **Figura 4.48.** *Shunt*.



↑ **Figura 4.49.** *Compound*.



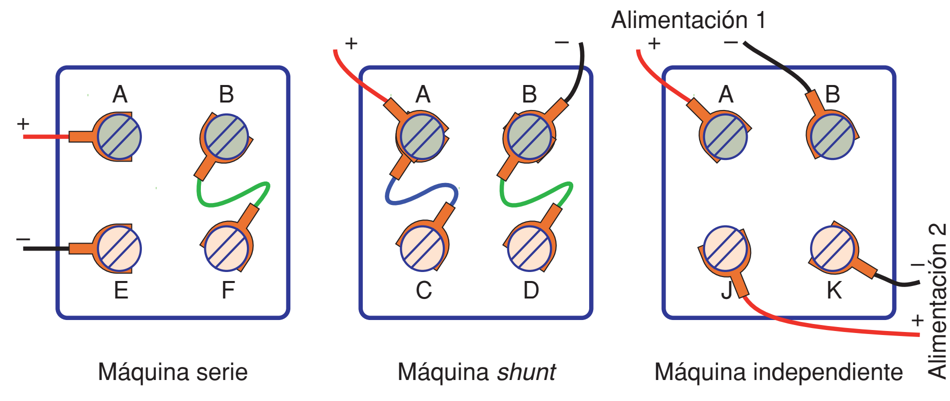
↑ **Figura 4.50.** Independiente.



No todos los devanados son intercambiables para conseguir las diferentes configuraciones aquí propuestas. Por ejemplo, un devanado inductor diseñado para una conexión serie, no puede conectarse en *shunt*, y viceversa, ya que el número de espiras y diámetro del conductor con el que está construido es diferente. Sin embargo, el devanado inductor para un motor *shunt*, puede utilizarse sin problemas en una máquina con conexión independiente.

3.2. La caja de bornes

Los bornes de cada uno de los devanados están etiquetados según la configuración para la que han sido diseñados. Generalmente este tipo de máquinas dispone de cuatro bornes en su caja de bornes, excepto la máquina *compound* que dispone de seis.



↑ **Figura 4.51.** Cajas de bornes de los diferentes tipos de motores de corriente continua

3.3. Arranque directo de motores de corriente continua

caso práctico inicial

De igual forma que los motores de corriente alterna, los de continua generan importantes picos de corrientes en el momento del arranque.

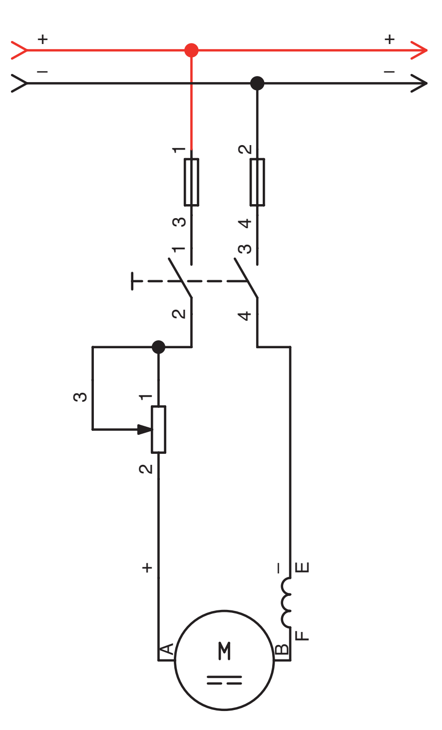
Igual que sucede con los motores de corriente alterna en el momento del arranque, los de continua también generan una sobrecorriente que puede ser perjudicial, tanto para la instalación que los alimenta como para los devanados de la propia máquina.

Por tanto, El REBT en la instrucción ITC-BT-47, establece que la constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga, en los motores de corriente continua, debe ajustarse a la siguiente tabla.

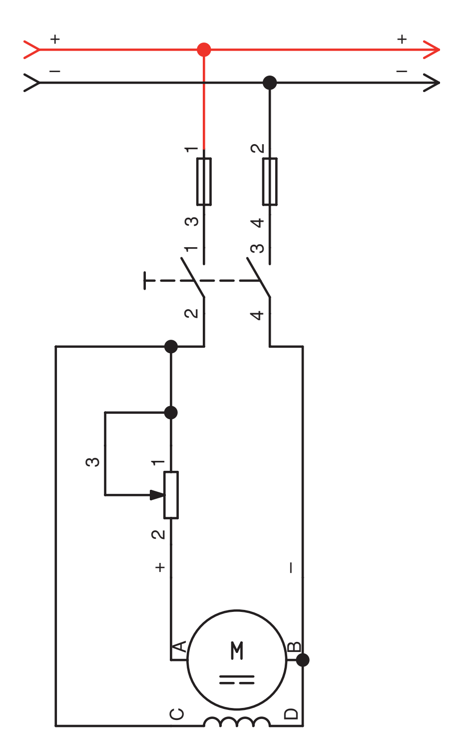
Potencia nominal del motor de CC	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5
De 1,5k W a 5,0 kW	2,0
De más de 5,0 kW	1,5

Para disminuir la corriente en el instante del arranque, se conecta un reóstato en serie con el devanado inducido. Cuando el motor alcanza su funcionamiento normal, en velocidad y en corriente, el reóstato debe anularse.





↑ **Figura 4.52.** Arranque de motor serie.




↑ **Figura 4.53.** Arranque de motor *shunt*.

3.4. Inversión del sentido de giro de los motores de CC

Para invertir el sentido de giro de un motor de CC, se debe cambiar el sentido de la corriente en uno de sus devanados. Es decir, hay que permutar los cables de alimentación, bien en los bornes del devanado inducido o en los bornes del devanado inductor.

saber más

Un motor serie sin carga en su eje, tiende a embalarse.

Si esto no se controla, pueden producirse daños irreparables en la mecánica de la máquina (rodamientos, conjunto colector-escobillas, etc.).

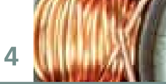
saber más

Si se desconecta el devanado inductor (excitación), estando en marcha el motor, este se embala peligrosamente.

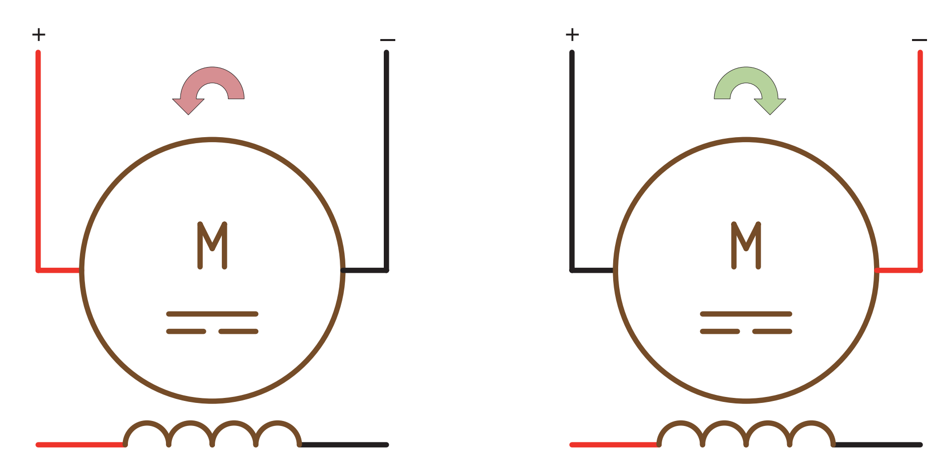
según el REBT

Los reóstatos de arranque y regulación de velocidad y las resistencias adicionales de los motores, se colocarán de modo que estén separados de los muros cinco centímetros como mínimo.

Los reóstatos y las resistencias deberán ser separadas de la instalación por dispositivos de corte omnipolar, que podrán ser los interruptores generales del receptor correspondiente.

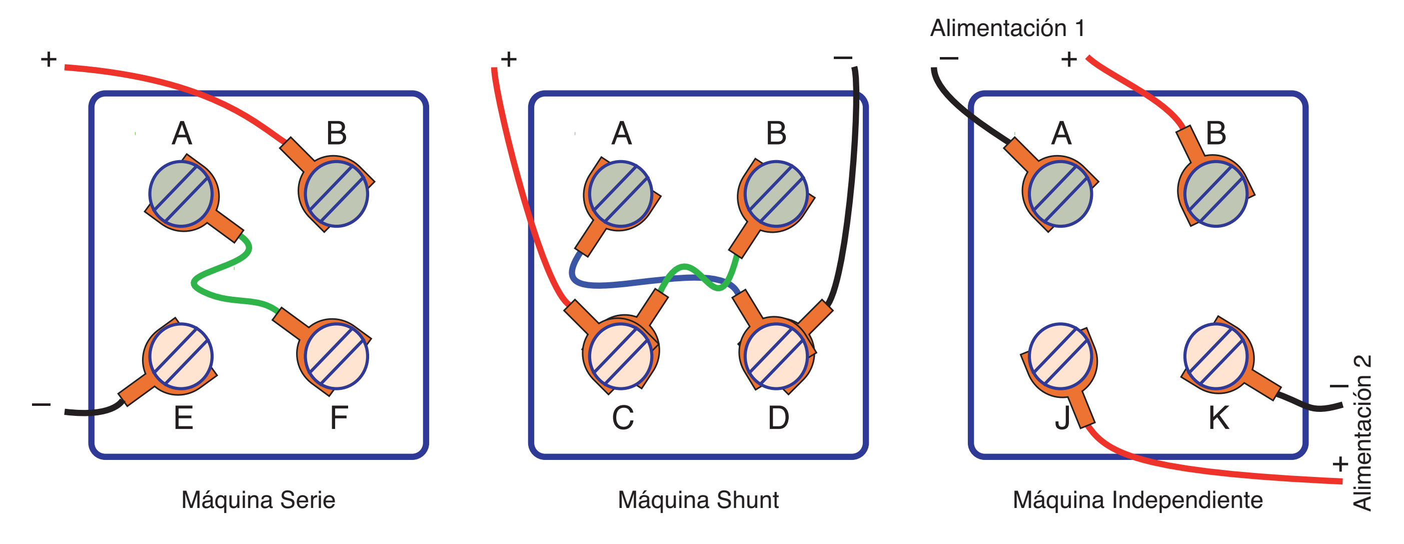


Con el fin de que el motor no se embale, en la práctica siempre se recomienda invertir las conexiones del inducido en lugar de las del inductor (excitación).



↑ **Figura 4.54.** Cambio de polaridad en uno de los devanados para inversión sentido de giro.

En la figura 4.55 se muestra cómo deben conectarse los terminales de los devanados, de los diferentes tipos de máquinas, para que inviertan su sentido de giro, respecto a las cajas de bornes representadas en la figura anterior.



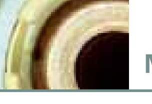
↑ **Figura 4.55.** Conexión de bornes para la inversión del sentido de giro.

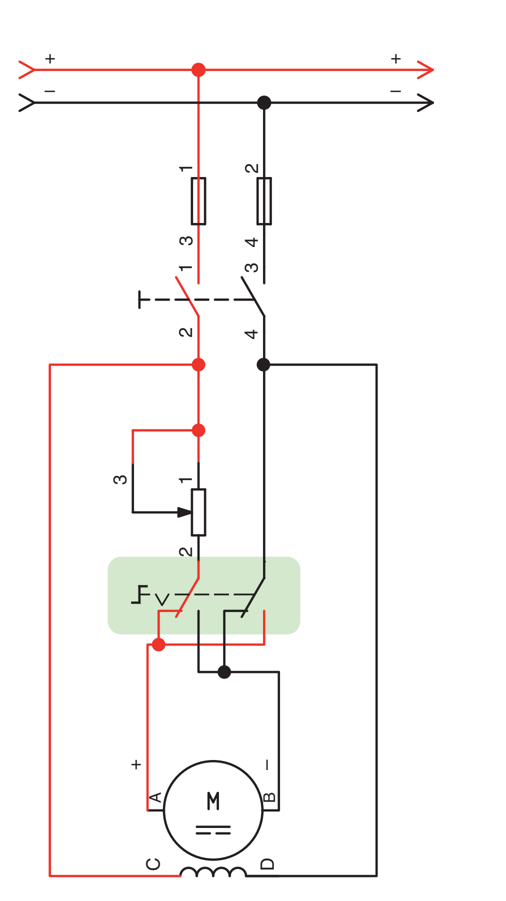
En estos dos esquemas se representa cómo se produce el cambio del sentido de giro en un motor *shunt* mediante el accionamiento de un conmutador inversor rotativo.

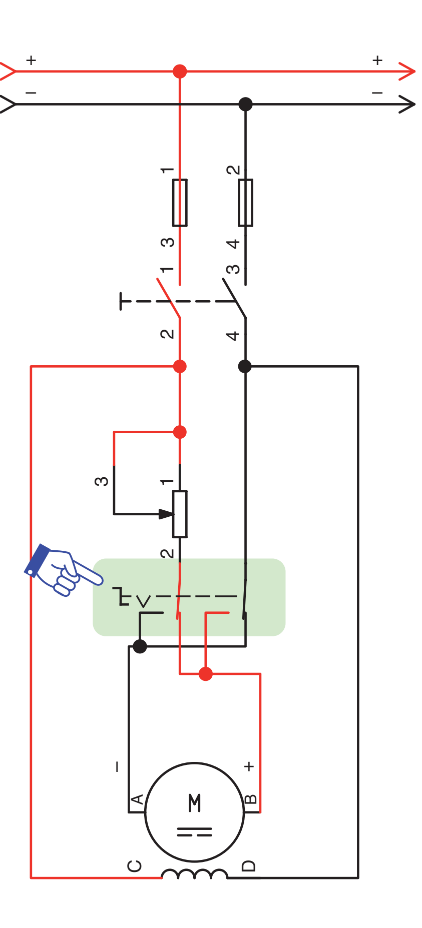
En el esquema de la izquierda se observa cómo al accionar el interruptor bipolar general, en ambos devanados el sentido de la corriente es el mismo. En esta situación, el motor gira en un sentido.

Si se acciona el conmutador inversor, al actuar nuevamente sobre el interruptor general, el sentido de la corriente en el devanado del inducido cambia respecto al inductor y por tanto también cambia el sentido de giro de la máquina.

La inversión del sentido de giro de un motor de corriente continua, debe hacerse a motor parado y regulando el reóstato del inducido para evitar la sobrecorriente en el momento del arranque.







← **Figura 4.56.** Ejemplo para la inversión del sentido de giro de un motor *shunt* mediante conmutador rotativo.

vocabulario

Español-Inglés

Motor: *motor*

Devanado: *winding*

Caja de bornes: *terminal Box*

Inducido: *induced*

Inductor: *inducer*

Corriente continua: DC

Corriente alterna: AC

Par motor: *torque*

Velocidad: *speed*

Potencia nominal: *rated power*

Estrella/Triángulo: *start/delta*

Monofásico: *monophase*

Trifásico: *triphasic*

El proceso que debes seguir para invertir el sentido de giro de un motor *shunt* según el esquema propuesto debe ser el siguiente:

Arranque en un sentido de giro

1. Gira el mando de reóstato a su máxima resistencia.
2. Fija el conmutador rotativo a la posición para el sentido de giro con el que desees que arranque el motor.
3. Acciona el interruptor general bipolar.
4. Disminuye progresivamente el valor de resistencia del reóstato para disminuir la corriente el momento del arranque.

Importante: no acciones el conmutador rotativo cuando la máquina está en marcha. Para cambiar el sentido de giro, debes abrir previamente el interruptor general y seguir los pasos que se describen a continuación.

Arranque en sentido contrario

1. Con el interruptor general abierto, coloca el mando del reóstato en la posición de máxima resistencia.
2. Acciona el conmutador inversor para que el motor arranque en sentido contrario a la maniobra anterior.
3. Cierra el interruptor general bipolar.
4. Disminuye el valor de resistencia del reóstato para disminuir el valor de la corriente en el momento del arranque.
5. Observa que la máquina gira en sentido contrario.

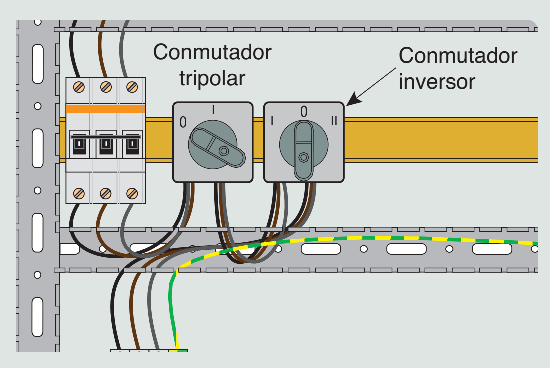


↑ **Figura 4.57.** Reóstato (VISHAY).

ACTIVIDADES FINALES

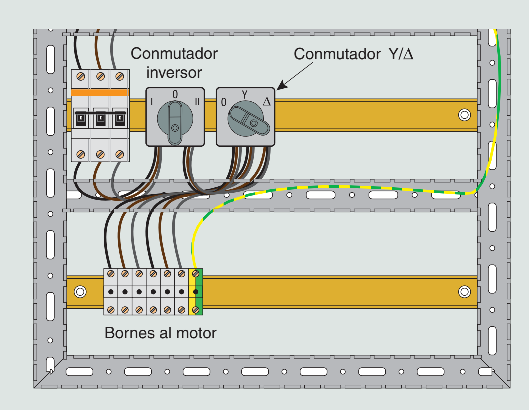
Dibuja el esquema en una ficha de trabajo, elige los aparatos necesarios, monta sobre un panel de entrenamiento y prueba los siguientes circuitos, teniendo en cuenta las pautas indicadas en las fichas «Práctica Profesional».

- 1. Arranque de un motor monofásico de inducción con interruptor rotativo de levas.
- 2. Basándote en la actividad anterior, realiza la inversión del sentido de giro del motor monofásico de inducción, con interruptor rotativo inversor. Ten en cuenta que para poder realizar esta actividad, debes disponer de un motor monofásico, cuyos devanados (tanto el de arranque como el de trabajo) estén conectados a su caja de bornes.
- 3. Arranque de un motor trifásico, con rotor en cortocircuito, con interruptor rotativo de levas (ficha «Práctica Profesional 1»)
- 4. Sobre la actividad anterior, realiza la inversión del sentido de giro del motor mediante conmutador rotativo inversor.



↑ **Figura 4.58.**

- 5. Arranque de un motor trifásico de rotor cortocircuito con conmutador estrella-triángulo (ficha «Práctica Profesional 2» y Caso Práctico Introductorio).
- 6. Basándote en la actividad anterior, conecta un conmutador inversor para realizar la inversión del sentido de giro del motor trifásico. Dicho conmutador debe conectarse «aguas arriba» respecto al conmutador estrella-triángulo. Teniendo en cuenta la misión que tiene el arranque estrella/triángulo, ¿crees que es adecuado poner el conmutador inversor en este circuito?, razona la respuesta.



← **Figura 4.59.** Detalle de la conexión del conmutador inversor delante del estrella-triángulo.



- 7. Arranque directo de un motor de corriente continua en su configuración serie. Conecta un amperímetro en serie con la alimentación del motor para observar lo que ocurre en el momento del arranque.
- 8. Sobre la actividad anterior, conecta un reóstato en serie con los devanados del motor. Pon el dial de este reóstato a diferentes valores y observa qué ocurre con la corriente en el momento del arranque.
- 9. Basándote en la actividad anterior, monta un conmutador rotativo inversor, para invertir el sentido de giro de motor.
- 10. Realiza las últimas tres actividades para un motor *shunt.*

entra en internet

- 11. Utilizando un buscador web, localiza los siguientes documentos y descárgalos:
  a. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
  b. Instrucciones técnicas complementarias del REBT
  c. Guía técnica de aplicación del REBT
- 12. Localiza en internet (o en los documentos anteriormente descargados) las Instrucciones de Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que estén relacionadas con el arranque de motores eléctricos.
- 13. Busca y descarga al menos tres catálogos de motores eléctricos de diferentes fabricantes.
- 14. Localiza catálogos de diferentes fabricantes de interruptores y conmutadores de potencia destinados al arranque de motores eléctricos de forma manual. Estudia sus hojas de características.
- 15. Busca, en páginas web de fabricantes de material eléctrico, los precios de los elementos necesarios para realizar la actividad de la «Práctica profesional 2» que se encuentra al final de esta unidad. Elabora el presupuesto estimado necesario para realizar este montaje.

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

HERRAMIENTAS

- Herramientas de electricista
- Tenaza de engastar punteras

MATERIAL

- El panel con canaleta y raíles montado en la unidad anterior
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tripolar
- Un conmutador tripolar de levas
- Un motor trifásico de 0,6 kW
- Cable de línea de 2,5 mm^2
- Manguera de 5 x 2,5 mm^2
- Amperímetro

Arranque manual de un motor trifásico mediante conmutador rotativo

OBJETIVO

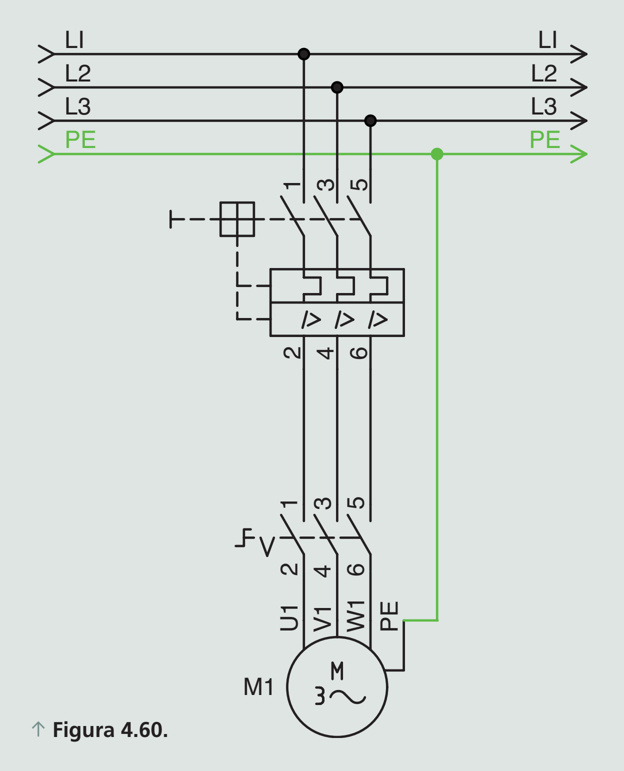
Arrancar un motor trifásico mediante un conmutador rotativo de levas y observar qué ocurre con la corriente en el instante del arranque.

PRECAUCIONES

- Antes de enchufar el panel a la red eléctrica, asegúrate de que todos los conductores y aparatos que intervienen en el circuito están conectados correctamente.
- No manipules las conexiones sin desconectar previamente el panel de la red.
- Fíjate en la tensión de trabajo indicada en la placa de características de tu motor y conexiona adecuadamente las chapas en su caja de bornes.
- Para evitar que los devanados del motor puedan dañarse, procura que en ningún momento de la prueba, el motor se quede en dos fases.
- No toques con la mano el eje del motor cuando esté girando.

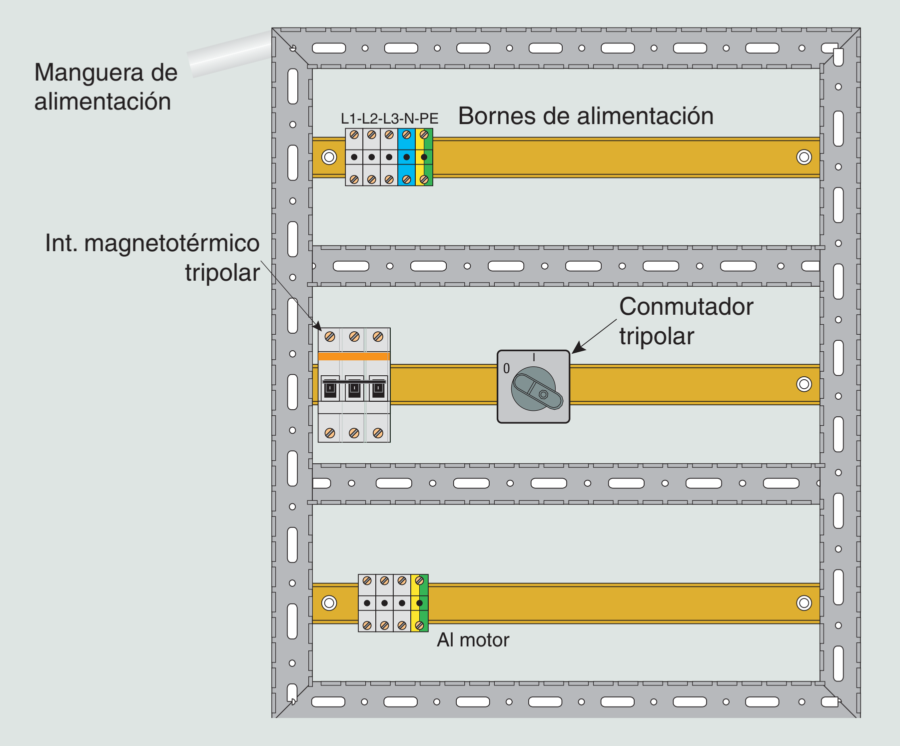
DESARROLLO

1. Dibuja en una ficha de trabajo el esquema del circuito para el arranque de un motor trifásico de rotor en jaula de ardilla, teniendo en cuenta que se debe disponer de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.



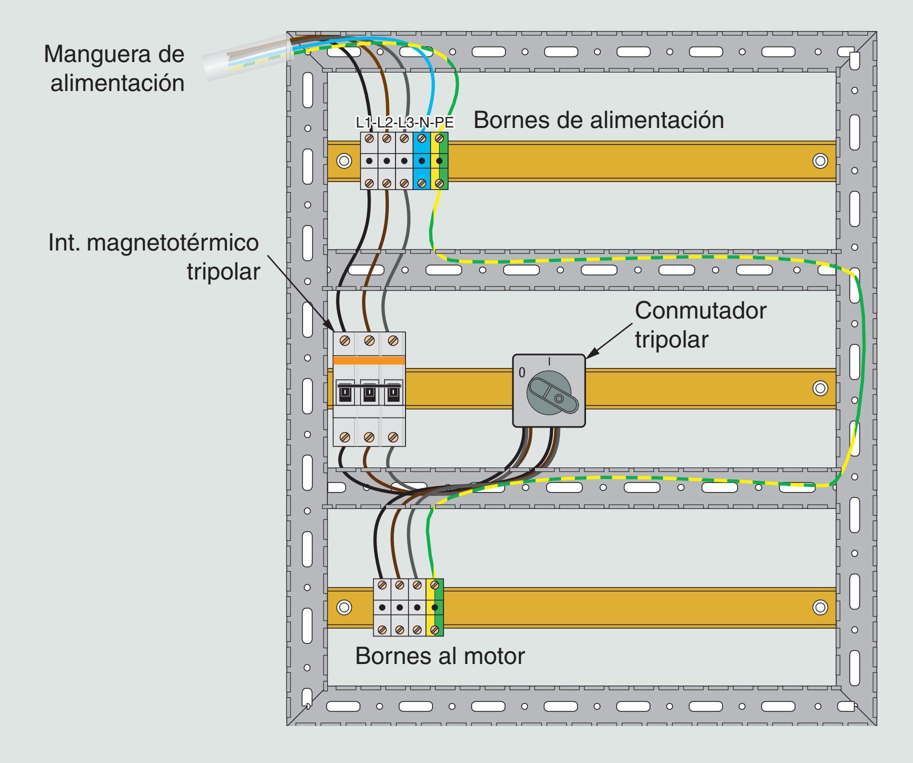
↑ **Figura 4.60.**

2. En el panel de trabajo, coloca la aparamenta necesaria para realizar el montaje.



← **Figura 4.61.**

3. Retira las tapas de la canaleta y realiza el cableado del circuito según el esquema que has dibujado anteriormente. No olvides conexionar el conductor de protección y poner punteras en todas las terminaciones de los cables.



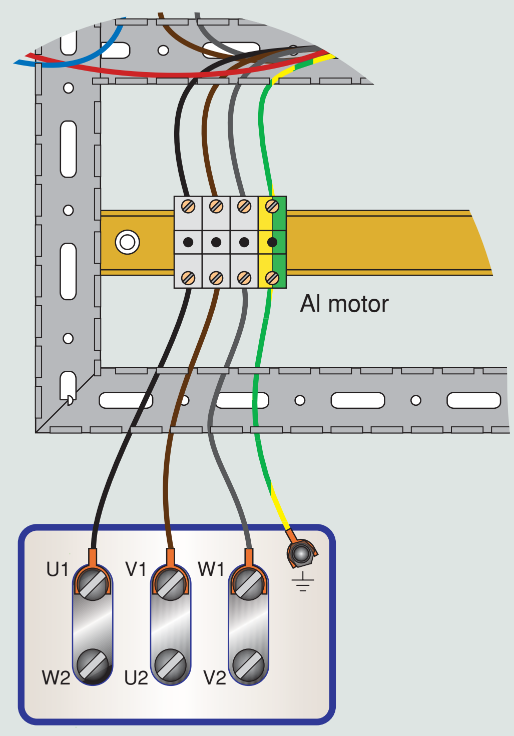
← **Figura 4.62.**

PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

4. Conexiona la manguera de alimentación a los bornes de la parte superior del panel de entrenamiento.

5. Observa la placa de características del motor y coloca las chapas-puente en la caja de bornes para que funcione a la tensión de la red eléctrica en la que vas a conectar el circuito.

6. Conexiona los bornes de salida del panel de entrenamiento, a la caja de bornes del motor.



↑ **Figura 4.63.**

7. Enchufa la manguera de alimentación a una toma de corriente.

8. Acciona el interruptor magnetotérmico.

9. Acciona el conmutador rotativo para que el motor arranque.

10. Observa si el motor funciona correctamente.

11. Si el motor no arranca o emite un ronquido, es posible que hayas realizado alguna mala conexión en el montaje. En ese caso, desconecta la alimentación del panel de entrenamiento y comprueba si el circuito está realizado según el esquema.

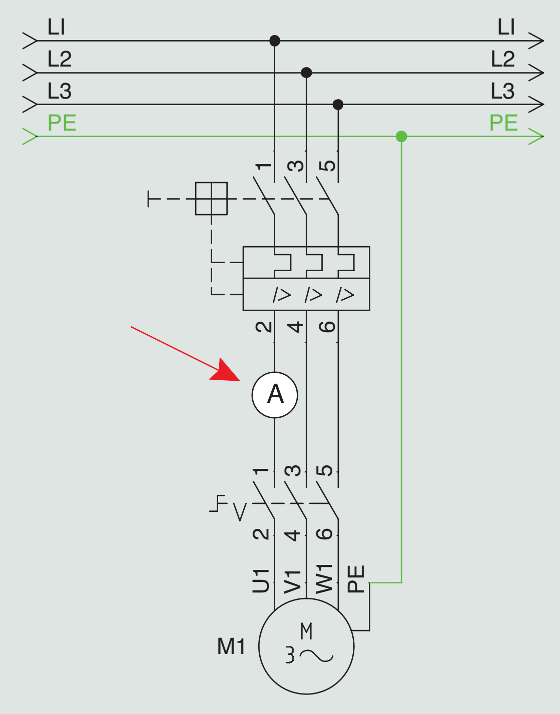
2ª Parte

Para comprobar qué ocurre con la corriente en el instante del arranque, conecta un amperímetro en serie con una de las fases del motor.

12. Desconecta la alimentación del panel de pruebas.

13. Dibuja la ubicación del amperímetro sobre el esquema.

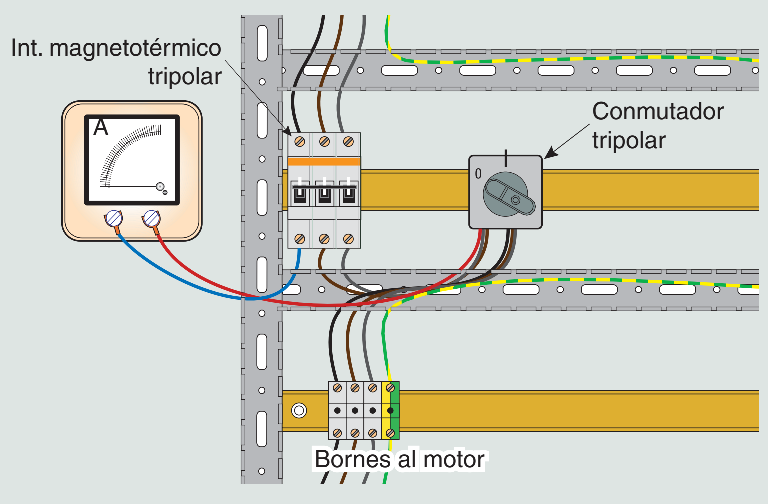




↑ **Figura 4.64.**

14. Suelta uno de los cables de salida del magnetotérmico que va hacia la entrada del conmutador de levas.

15. Conecta el amperímetro entre los bornes (del magnetotérmico y conmutador) de los que se ha soltado dicho cable.



↑ **Figura 4.65.**

16. Pon en marcha el circuito repitiendo los pasos del 7 al 11.

17. Observa qué ocurre con la corriente en el momento del arranque.

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

HERRAMIENTAS

- Herramientas de electricista
- Tenaza de engastar punteras

MATERIAL

- El panel con canaleta y raíles montado en la unidad anterior
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tripolar
- Un conmutador de levas estrella/triángulo
- Un motor trifásico de 1 kW
- Cable de línea de 2,5 mm^2
- Manguera de 5 x 2,5 mm^2
- Amperímetro

Arranque manual de un motor trifásico mediante conmutador estrella-triángulo

OBJETIVO

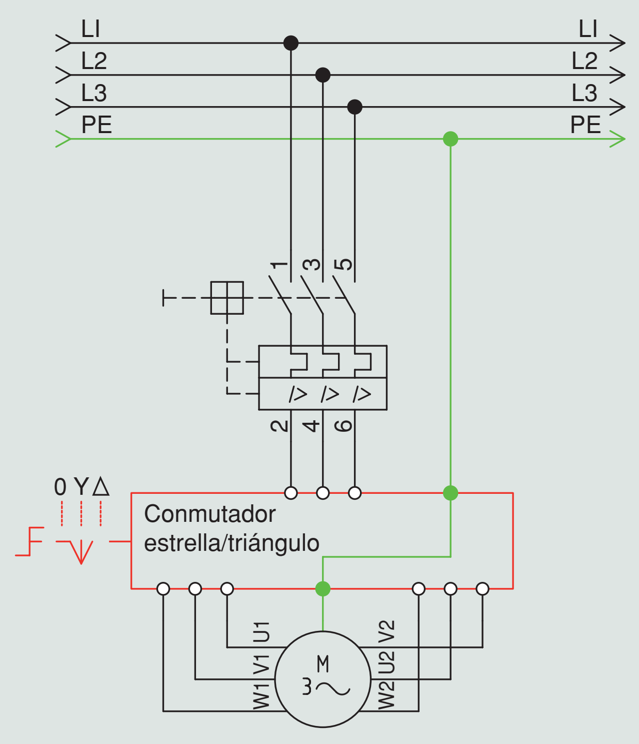
Arrancar un motor trifásico mediante un conmutador estrella/triángulo y observar cómo disminuye la corriente en el instante del arranque.

PRECAUCIONES

- Antes de enchufar el panel a la red eléctrica, asegúrate de que todos los conductores y aparatos que intervienen en el circuito están conectados correctamente.
- No manipules las conexiones sin desconectar previamente el panel de la red.
- Fíjate en la tensión de trabajo indicada en la placa de características de tu motor y conexiona adecuadamente las chapas en su caja de bornes.
- Para evitar que los devanados del motor puedan dañarse, procura que en ningún momento de la prueba, el motor se quede en dos fases.
- No toques con la mano el eje del motor cuando esté girando.

DESARROLLO

1. Dibuja en una ficha de trabajo el esquema del circuito para el arranque mediante el conmutador estrella-triángulo, teniendo en cuenta que se debe disponer de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.



↑ **Figura 4.66.**



2. En el panel de trabajo, coloca la aparamenta necesaria para realizar el montaje.

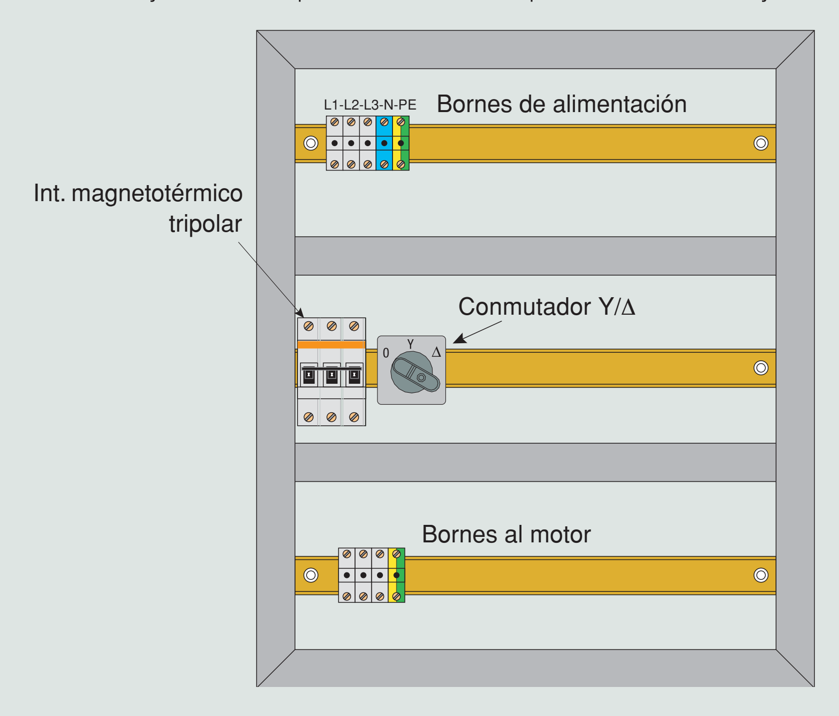


Figura 4.67.

3. Retira las tapas de la canaleta y realiza el cableado del circuito según el esquema que has dibujado anteriormente. No olvides conexionar el conductor de protección y poner punteras en todas las terminaciones de los cables.

Debes tener muy en cuenta las indicaciones dadas por el fabricante del conmutador estrella/triángulo para conectarlo adecuadamente. No dudes en utilizar el manual de instrucciones que lo acompaña.

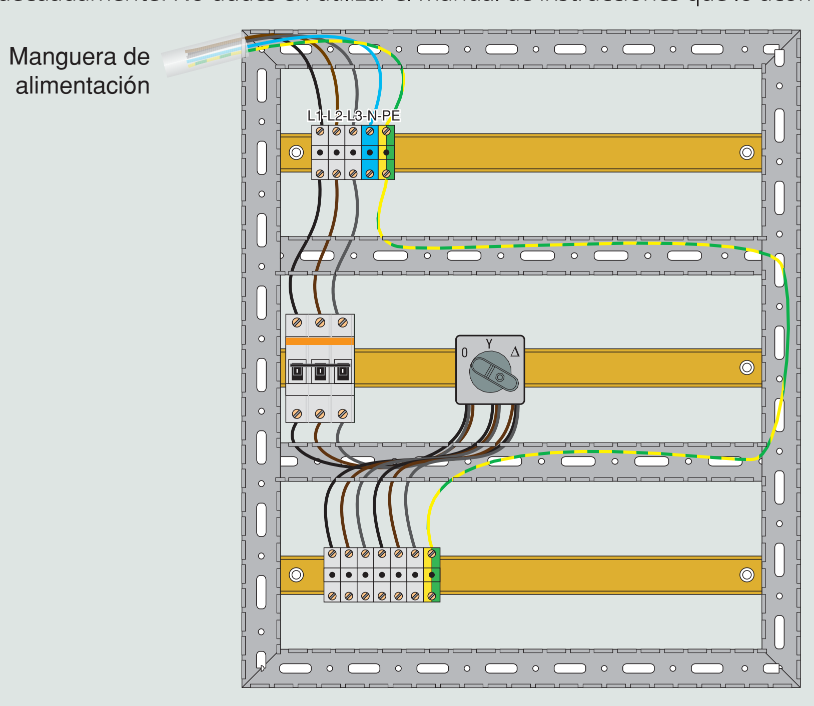


Figura 4.68.

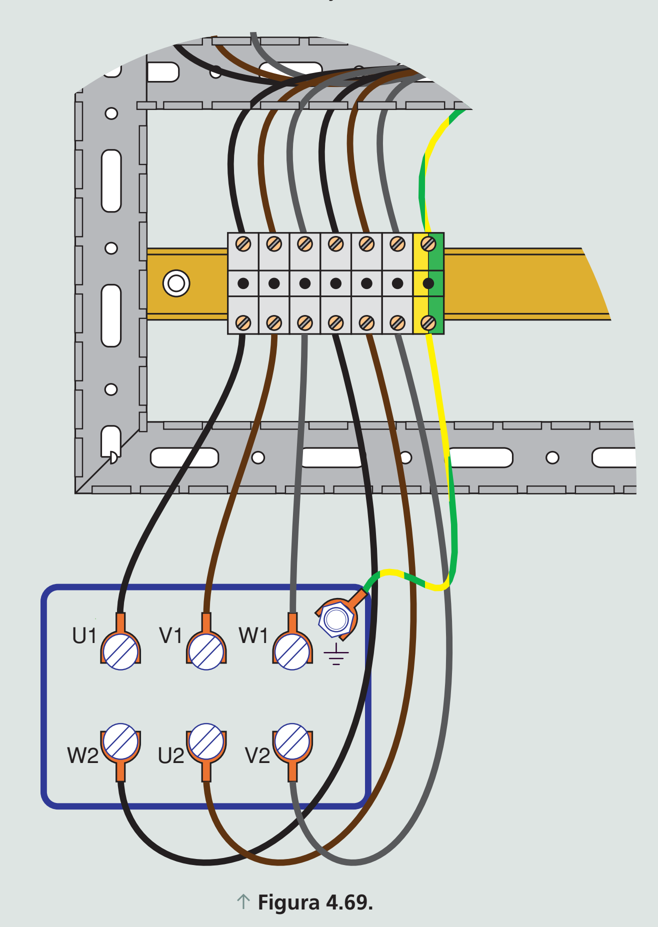
PRÁCTICA PROFESIONAL 2 (cont.)

4. Conexiona la manguera de alimentación a los bornes de la parte superior del panel de entrenamiento.

5. Conexiona los bornes de salida del panel de entrenamiento a la caja de bornes del motor.

Para que el motor funcione correctamente, es importante que sigas sin equivocarte el orden de conexión de estos bornes, según el esquema del conmutador estrella/triángulo.

No olvides conectar el conductor de toma de tierra a la caja de bornes del motor.



↑ **Figura 4.69.**

Importante: deben estar retiradas las chapas-puente de la caja de bornes del motor.

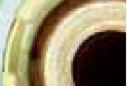
6. Enchufa la manguera de alimentación a una toma de corriente.

7. Acciona el interruptor magnetotérmico.

8. Pasa el conmutador a la posición estrella y a los dos segundos pásalo a la posición triángulo.

9. Observa si el motor funciona correctamente.

10. Si el motor no arranca o emite un ronquido, como si estuviera en dos fases, desconecta la alimentación del panel de entrenamiento y sigue de nuevo el esquema de conexión. Con toda seguridad habrás conectado de forma incorrecta alguno de los bornes del motor.

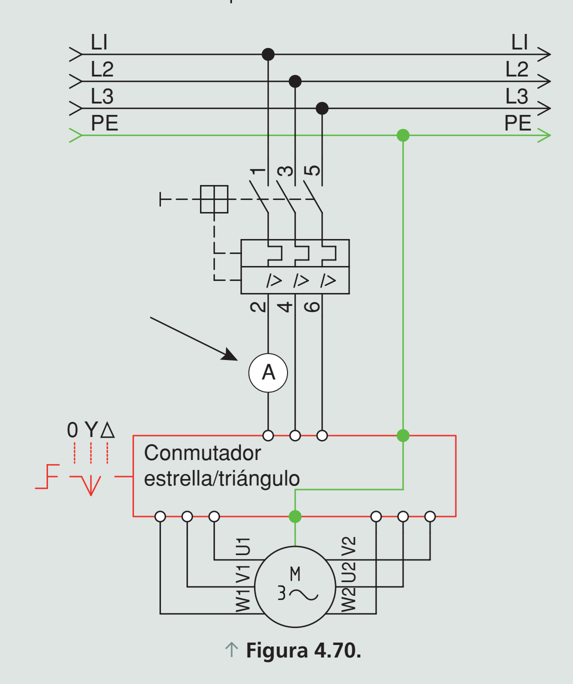


2ª Parte

Para comprobar el efecto del arranque estrella/triángulo, debes conectar un amperímetro en serie con una de las fases del motor.

11. Desconecta la alimentación del panel de pruebas.

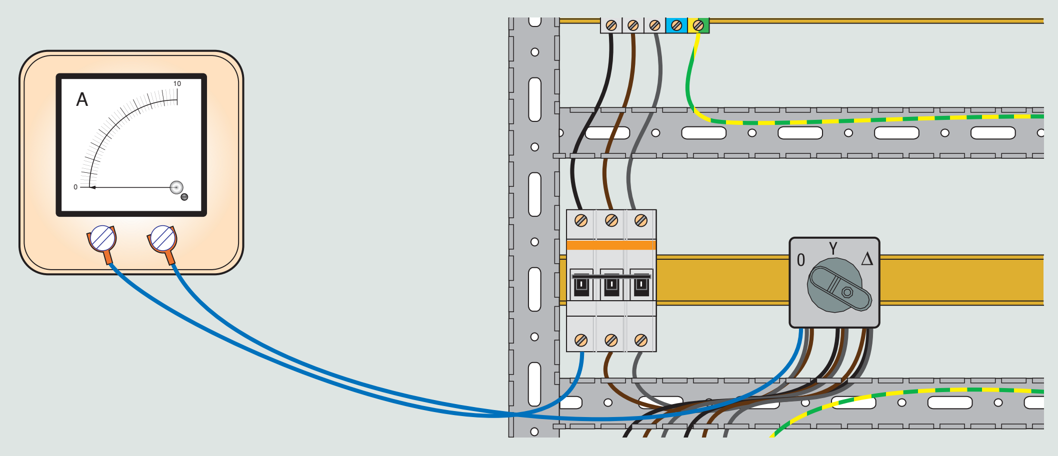
12. Dibuja la ubicación del amperímetro sobre el esquema.



↑ **Figura 4.70.**

13. Suelta uno de los cables de salida del magnetotérmico que va hacia la entrada del conmutador estrella-triángulo.

14. Conecta el amperímetro entre los bornes (del magnetotérmico y conmutador) de los que se ha soltado dicho cable.



↑ **Figura 4.71.**

15. Pon en marcha el circuito repitiendo los pasos 6, 7, 8 y 9.

16. Observa qué ocurre con la corriente en el momento del arranque.



MUNDO TÉCNICO

Motores especiales

Además de los tipos de motores que has estudiado en este tema, que podríamos decir que son los tradicionales, existen en la actualidad otros tipos de motores, que por tener una constitución y funcionamiento distinto a los anteriores, suelen denominarse «especiales».

Todos ellos presentan la capacidad de poder situar su eje, prácticamente en cualquier posición angular, y mantenerse en ella. Por ello son de utilidad en aquellas aplicaciones en las que es necesario disponer de un control total sobre dicha posición y/o la velocidad angular del eje, como por ejemplo brazos robotizados, máquinas herramientas, etc.

Generalmente están formados por un conjunto de motor y sistema de control de posición. El sistema de control suele estar compuesto por componentes electrónicos, que se encargan de determinar el ángulo exacto en el que se encuentra el eje, y corregir en caso de que no sea el punto deseado. Además generan o controlan la alimentación necesaria para el correcto funcionamiento del motor.

Motores paso a paso

El motor no se mueve de manera continua, sino a pequeños pasos (1.000 pasos por vuelta, por ejemplo). El sistema de alimentación es mediante pulsos de tensión positiva y negativa, que se aplican a las bobinas del estator. Con cada pulso aplicado el motor avanza un paso. El ángulo girado en cada paso depende de las características constructivas del motor. Además, controlando la frecuencia de los pulsos de la alimentación también podemos controlar la velocidad del motor.





↑ **Figura 4.72.** Motores paso a paso y su controlador (SCHNEIDER).

Motores *brushless* (sin escobillas)

El rotor está constituido por imanes permanentes. Se conectan mediante dos conductores especiales al controlador. Uno envía la información de la posición del eje del motor en cada momento, y por el otro se recibe la alimentación necesaria para su control. En el mercado actual se pueden encontrar motores *brushless* de CC y de CA.

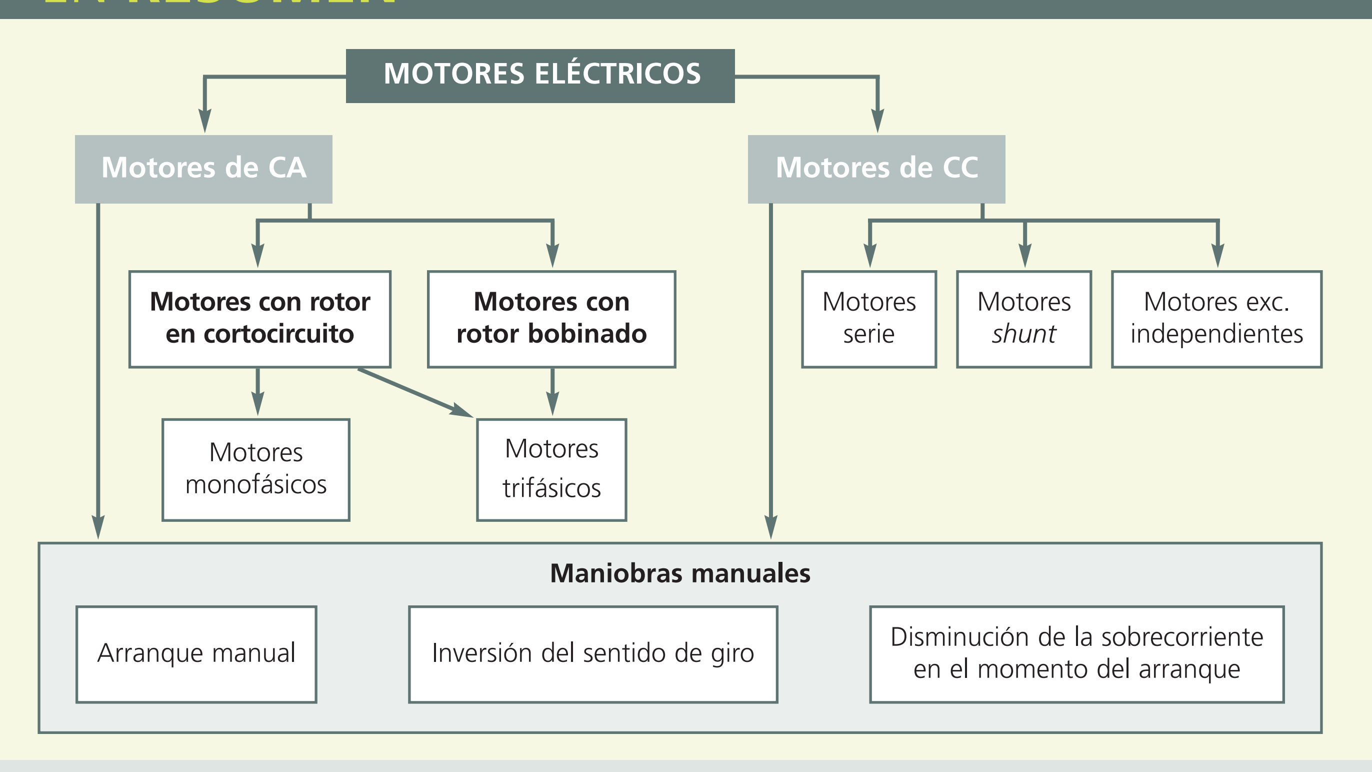




↑ **Figura 4.73.** Motores paso a paso y su controlador (SCHNEIDER).



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. **Di cuáles de estos motores son de corriente alterna:**
   a) Motor *shunt*.
   b) Motor monofásico de inducción.
   c) Motor trifásico con rotor bobinado.
   d) Motor con excitación independiente.

2. **¿Qué se produce en el momento del arranque de un motor eléctrico?**
   a) Una sobretensión.
   b) Una sobrecorriente.
   c) Un bloqueo del eje.
   d) Una sobreexcitación.

3. **¿Cuál es la denominación de bornes en un motor trifásico de inducción?**
   a) A,B,E,F
   b) U1,V1,W1,K,L,M
   c) U,N,PE
   d) U1,V1,W1,U2,V2,W2

4. **Si un motor de 230/400V se conecta a una red de 400V, ¿como debe conectarse su caja de bornes?:**
   a) En triángulo.
   b) En estrella.
   c) Es indiferente.
   d) De ninguna manera.

5. **En un arranque manual con un conmutador estrella triángulo ¿cómo deben estar las chapas-puente de la caja de bornes?**
   a) En estrella.
   b) En triángulo.
   c) Retiradas.
   d) Conectadas a la toma de tierra.

6. **¿Qué ocurre si un motor trifásico funciona en dos fases?**
   a) Se produce una sobrecarga poniendo en peligro los devanados de la máquina.
   b) Se produce un sobretensión que quemaría el motor de forma irremediable.
   c) No ocurre nada.
   d) El motor va más lento.

7. **La inversión del sentido de giro de un motor trifásico de inducción se realiza:**
   a) Permutando dos de las fases de alimentación.
   b) Permutando las tres fases de alimentación.

8. **Si estando en marcha un motor *shunt*, se le desconecta el devanado de excitación ¿qué ocurre?**
   a) Se para.
   b) Se embala.

5 Automatismos industriales cableados



vamos a conocer...

1. ¿Qué es un automatismo?
2. El contactor
3. Elementos de mando y señalización
4. Otros dispositivos utilizados en automatismos

PRÁCTICA PROFESIONAL

Arranque de un motor trifásico con contactor mandado mediante interruptor monopolar

MUNDO TÉCNICO

Automatismos neumáticos y electroneumáticos

y al finalizar..

- Conocerás lo que es, cómo funciona y para qué se utiliza un contactor.
- Conocerás los diferentes elementos de mando y señalización que se utilizan en los automatismos industriales.
- Identificarás por su símbolo diferentes dispositivos que se utilizan en los automatismos industriales.
- Montarás circuitos simples de automatismos y comprobarás su funcionamiento.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

En un edificio de 4 plantas se desea gobernar un motor trifásico, ubicado en la planta inferior, desde la planta superior. El arranque mediante un interruptor tripolar de potencia no es aconsejable, ya que habría que realizar la instalación desde el cuadro general de protección, situado en la primera planta, hasta el punto desde el que se desea gobernar el motor. Una instalación de este tipo presentaría los siguientes inconvenientes:

- A medida que aumenta la distancia, los conductores de alimentación deben ser de mayor sección.
- Es necesario realizar una canalización adecuada para la sección de los conductores, tanto de subida como de bajada.
- Los costes de esta instalación son elevados, ya que deben utilizarse muchos metros de canalización y de cables de gran sección.

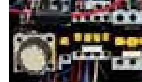
La solución pasa por conectar un dispositivo capaz de controlar la apertura y cierre de la alimentación del motor, desde la planta superior, gobernado por interruptor monopolar similar a los que se montan en las instalaciones de alumbrado en viviendas. El cableado desde el dispositivo de control remoto y el interruptor debe hacerse con cable de la mínima sección posible, por tanto, la canalización necesaria para albergarlo también será de un diámetro reducido.

Así, el montaje debe cumplir los siguientes requisitos: ser seguro para las personas que lo utilizan, versátil ante posibles ampliaciones del circuito (por ejemplo: arranque diferido del motor), económico y fácil de mantener.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las tres primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso.

1. Realiza un croquis que represente el esquema del caso descrito en la situación de partida.
2. Realiza otro esquema de bloques con que podría ser la posible solución para el control remoto del motor.
3. Busca en internet, o en un catálogo en papel, cuales son los elementos que se podría adaptar para controlar el motor de forma remota. Enuméralos si hay más de uno.
4. ¿Cuáles son las principales diferencias que encuentras entre el interruptor trifásico nombrado y un contactor?
5. ¿Crees que el contactor es el dispositivo buscado en este caso práctico?
6. ¿A qué elemento del contactor estaría conectado el interruptor de la cuarta planta?
7. Si fuera necesario activar el motor dentro de un horario, ¿Cuál sería el dispositivo a utilizar junto con el contactor?



1. ¿Qué es un automatismo?

saber más

Debido a que los automatismos hacen uso de operaciones de lógica digital, a los de tipo cableado se les suele denominar «Lógica Cableada» y a los de tipo programado «Lógica Programada».

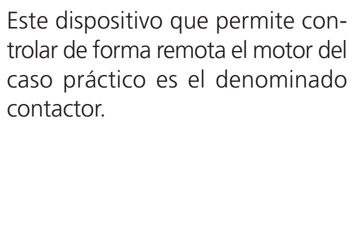
En electricidad, se denomina automatismo al **circuito que es capaz de realizar secuencias lógicas sin la intervención del hombre.**

Los automatismos se utilizan tanto en el sector industrial como en el doméstico, para operaciones tan dispares como arranque y control de maquinaria, gestión de energía, subida y bajada de persianas, riego automático, etc.

Dependiendo de la tecnología utilizada, los automatismos pueden ser **cableados** o **programados.** En la primera, el funcionamiento lo define la conexión lógica, mediante cables, entre los diferentes elementos del sistema. En la segunda, es un programa el que procesa en la memoria de un dispositivo electrónico, la información que transmiten los diversos elementos que se le conectan.

En esta unidad estudiarás los automatismos industriales cableados. En próximas unidades, tendrás oportunidad de iniciarte en los automatismos programados basados en PLC.

2. El contactor



caso **práctico** inicial

Este dispositivo que permite controlar de forma remota el motor del caso práctico es el denominado contactor.

El contactor es un dispositivo electromagnético, que puede ser controlado a distancia **para cerrar o abrir circuitos de potencia.** Una de las principales aplicaciones del contactor se realiza en el control de los circuitos de alimentación de todo tipo de motores eléctricos, pero se utiliza para alimentar otros tipos de receptores, como sistemas de resistencias, líneas de luminarias, etc.

En el mercado existen contactores con diferentes formas y tamaños, cuyo uso depende del tipo de circuito a controlar y la ubicación del mismo, pero debes saber que la conexión de todos los contactores es prácticamente la misma.





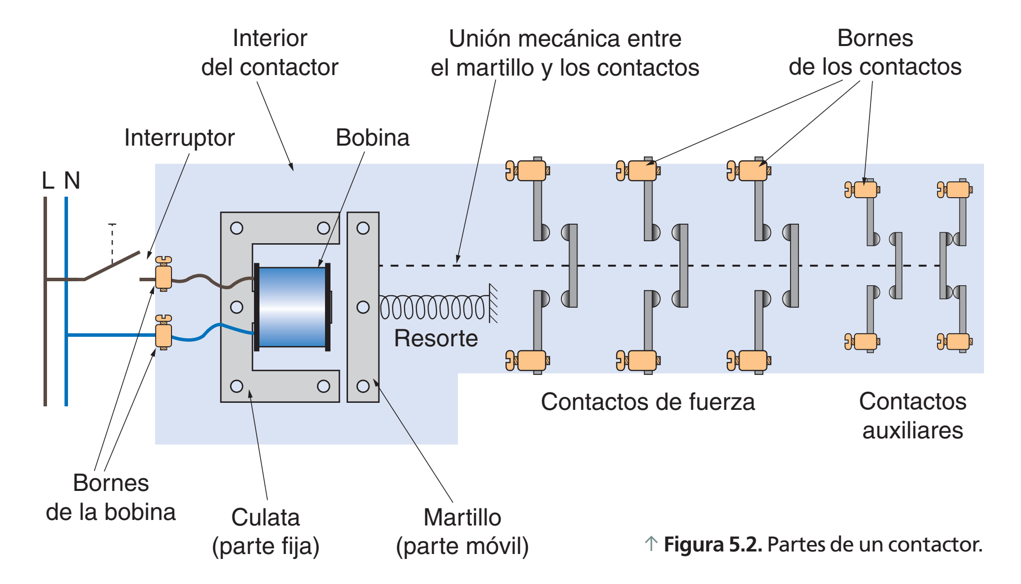


↑ **Figura 5.1.** Diferentes tipos de contactores (SIEMENS AG).

Para entender cómo se conexiona un contactor, debes conocer previamente cuáles son sus partes y cómo funcionan en su interior.

2.1. Partes del contactor

El contactor dispone de las siguientes partes: bobina, circuito magnético y contactos eléctricos.



↑ **Figura 5.2.** Partes de un contactor.

Bobina

Es el órgano del contactor que puede ser controlado a distancia cuando se aplica tensión a sus bornes.

Está formada por hilo esmaltado de pequeño diámetro y muchas espiras, bobinado sobre un pequeño carrete de material aislante.

Los dos bornes de la bobina, están etiquetados como A1 y A2.

Se fabrican bobinas para diferentes tensiones de trabajo (12V, 24V, 48V, 230V, etc.), tanto para corriente alterna como para corriente continua.

Es importante que compruebes la tensión y el tipo de corriente de la bobina antes de conectarla a la red eléctrica, ya que de otra forma se destruirá de forma irremediable.


↑ **Figura 5.3.** Bobina de un contactor.

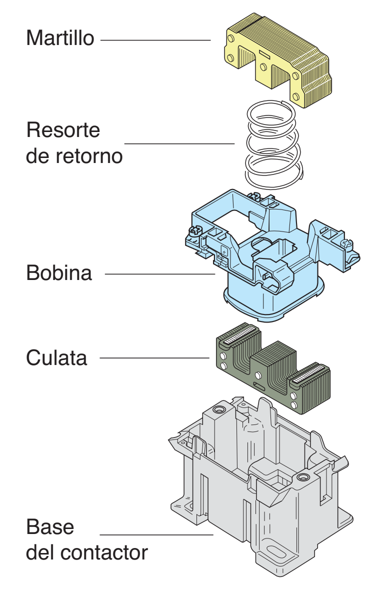
Circuito magnético

Consta de dos partes, la **culata** y el **martillo**. La culata es la parte fija y en ella se aloja la bobina del contactor. El martillo es la parte móvil.

Ambas partes se mantienen separadas en reposo debido a un dispositivo de resorte que tira de la parte móvil.

Cuando la bobina se alimenta con la tensión adecuada, la culata se imanta atrayendo al martillo hacia ella.

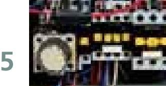
Habitualmente el circuito magnético no se ve desde el exterior, pero todos los contactores disponen de un elemento de indicación mecánica, que se hunde o cambia de posición, permitiendo conocer si está activado o no.



↑ **Figura 5.4.** Circuito magnético de un contactor con la bobina.

Contactos eléctricos

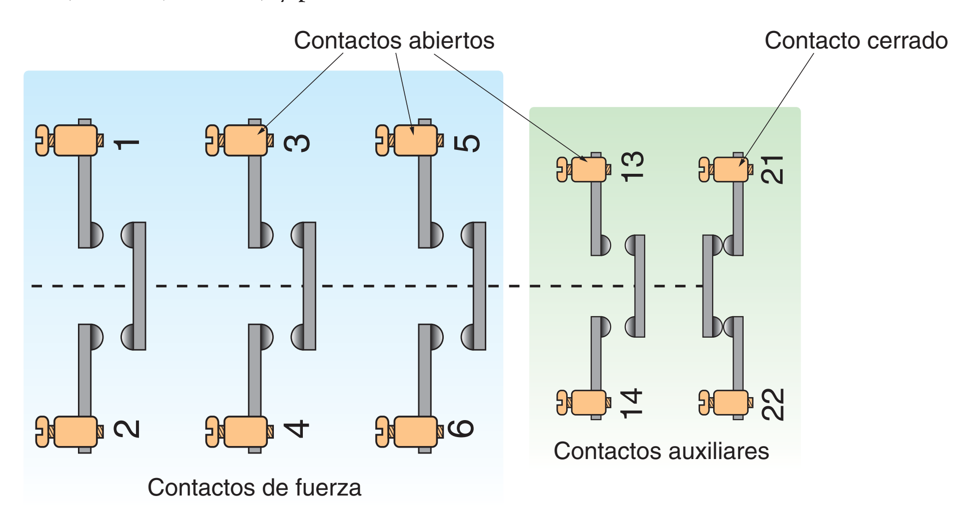
Están unidos mecánicamente a la parte móvil del circuito magnético. De esta forma, cuando el martillo se desplaza, también lo hacen los contactos, abriendo los que están cerrados y cerrando los que están abiertos.



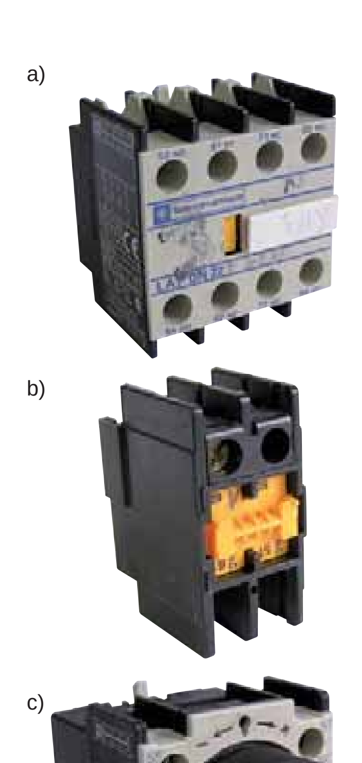
En general, se pueden encontrar dos tipos de contactos en un contactor: los de fuerza y los de mando, también llamados auxiliares.

Los de **fuerza** están preparados para un mayor poder de corte y se encargan de controlar las cargas de potencia (por ejemplo, un motor eléctrico, un conjunto de radiadores eléctricos, etc.). Los de **mando** se utilizan para tareas auxiliares y de control.

Desde el exterior del contactor, unos contactos se identifican de otros, ya que los bornes de los de fuerza están etiquetados con números de una sola cifra (1 – 2, 3 – 4, 5 – 6) y son normalmente abiertos. Los de mando tienen números de dos cifras (13 – 14, 21 - 22) y pueden ser abiertos o cerrados.



↑ **Figura 5.5.** Tipos de contactos de un contactor.

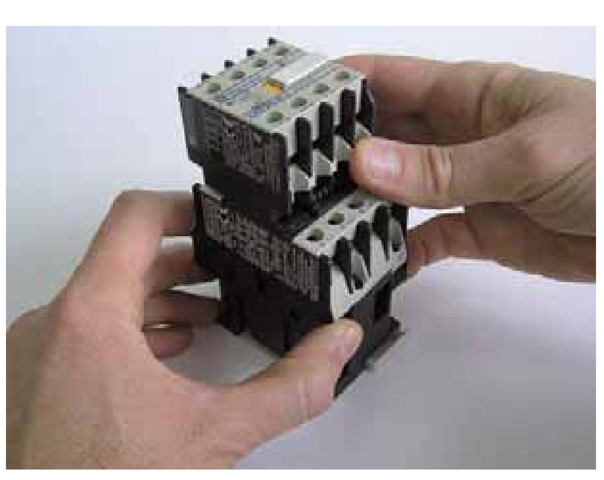


↑ **Figura 5.6.** Diferentes tipos de cámaras de contactos: a) Cámara de cuatro contactos. b) Cámara de dos contactos. c) Cámara de contactos temporizados.

De los auxiliares, los que termina en 3 –4 son abiertos en reposo y los que terminan en 1 – 2 son cerrados. El número que va delante de ellos, es el número de orden (primero, segundo, tercero, etc.) que hace el contacto auxiliar en el contactor.

A la mayoría de los contactores modernos se les pueden añadir contactos auxiliares mediante cámaras acoplables. Estas se fijan por un sistema de conexión rápida, al cuerpo principal.

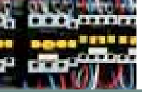
Las cámaras pueden tener diferentes tipos de contactos, pero los más habituales son los contactos abiertos, cerrados y temporizados.



↑ **Figura 5.7.** Acoplamiento de cámara de contactos auxiliares.



↑ **Figura 5.8.** Contactor con cámara auxiliar.

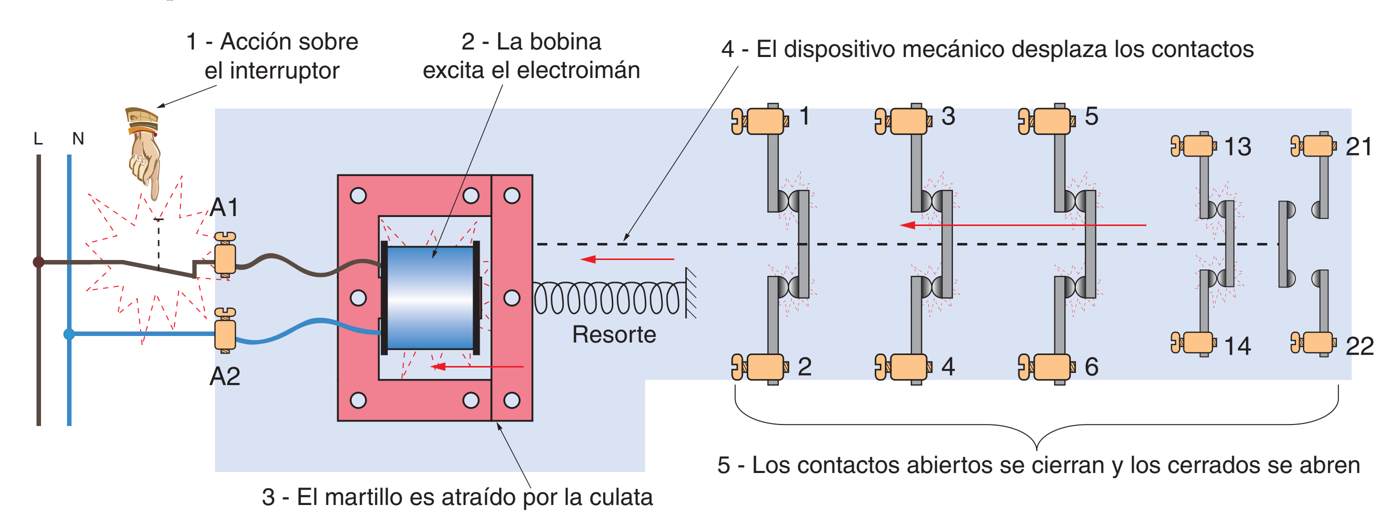


2.2. Funcionamiento del contactor

Si conectas una bobina a la red eléctrica a través de un interruptor, como se muestra en la figura 5.9, observarás que cuando el interruptor está abierto, el circuito magnético se encuentra inactivo y el martillo se mantiene separado de la culata por el resorte. En esta situación, los contactos eléctricos, tanto los de fuerza como los auxiliares, se encuentran en su posición de reposo. Es decir, abiertos los abiertos y cerrados los cerrados.

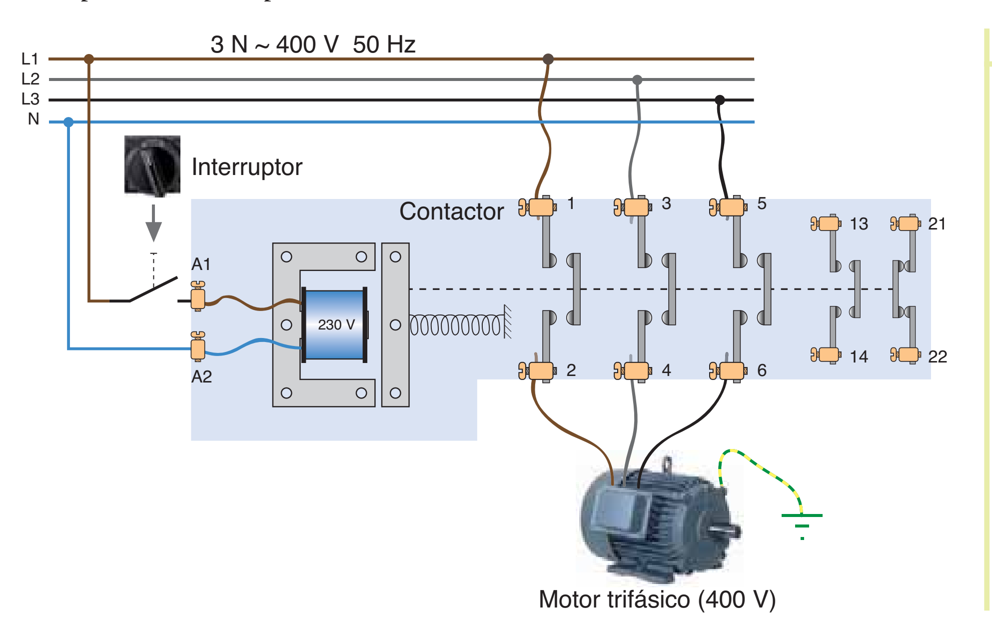
Si se cierra el interruptor conectado al borne A1 de la bobina, la bobina se excita y el circuito magnético se cierra, moviendo con él todos los contactos del contactor. En esta situación los contactos abiertos se cierran y los cerrados se abren.

Si el interruptor vuelve a la posición de abierto, la bobina dejará de excitarse, abriéndose el circuito magnético mediante el resorte y por tanto, llevando a la posición de reposo los contactos del contactor.



↑ **Figura 5.9.** Estado de las partes de un contactor con la bobina excitada.

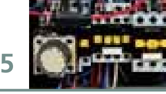
De esta forma, si un motor trifásico se alimenta a través de los contactos de fuerza de un contactor, se puede parar y poner en marcha con un simple interruptor monopolar de escaso poder de corte.



← **Figura 5.10.** Arranque de un motor trifásico mediante un contactor mandado por un interruptor monopolar.

caso **práctico** inicial

El interruptor monopolar ubicado en la cuarta planta se conecta en serie con la bobina del contactor, para alimentarla así desde la red eléctrica de 230 V.







↑ **Figura 5.11.** Contactores auxiliares o de mando.

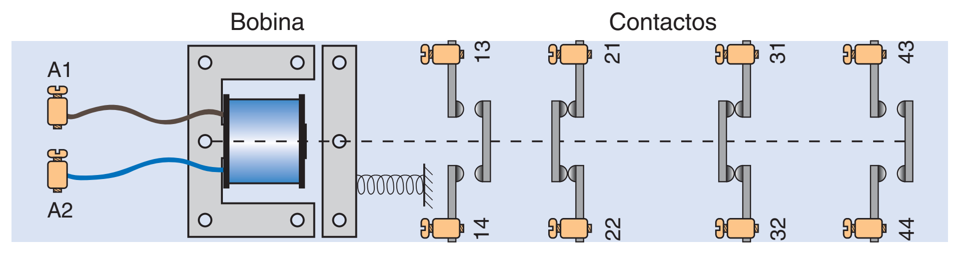
2.3. Contactores auxiliares o de mando

Se denominan contactores auxiliares o de mando a aquellos que no disponen de contactos de potencia.

Pueden tener el mismo aspecto físico que los contactores de potencia, pero con la diferencia de estar dotados solamente con un conjunto de contactos auxiliares abiertos y/o cerrados.

Se utilizan en los circuitos de automatismos para operaciones de maniobra.

Un forma sencilla de diferenciar un contactor auxiliar de uno de potencia, es observar que todos sus contactos están identificados con números dobles (13-14, 21, 22, 31-32, etc.).



↑ **Figura 5.12.** Partes de un contactor o relé auxiliar.







↑ **Figura 5.13.** Cabezales de relé zócalo y relé completo.

2.4. Relés auxiliares

También son conocidos como relés industriales. Disponen de un circuito electromagnético y un conjunto de contactos, siendo su funcionamiento idéntico al de un contactor.

Los relés suelen tener un tamaño mucho más reducido que el de los contactores.

Generalmente los contactos y el circuito electromagnético de un relé se encuentran alojados en un cabezal de material transparente que se enchufa sobre el zócalo en el que se encuentran los bornes de conexión. Este sistema permite cambiar con facilidad los que se encuentran en estado defectuoso, sin necesidad de desconectar cables.

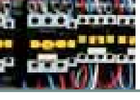
2.5. Simbología

Los símbolos gráficos para representar los elementos de un contactor o relé industrial son los siguientes:

Elemento	Símbolo	Identificador
Bobina	A1 A2	K
Contactos fuerza	1 3 5 / 2 4 6	K
Contacto auxiliar normalmente abierto	-3 -4	K
Contacto auxiliar normalmente cerrado	-1 -2	K

saber más

El identificador literal principal para el contactor o el relé industrial es **K.** Sin embargo, y de forma opcional, se puede escribir un identificador secundario, a la derecha del primero, para indicar si es de potencia **KM** o auxiliar **KA.**



3. Elementos de mando y señalización

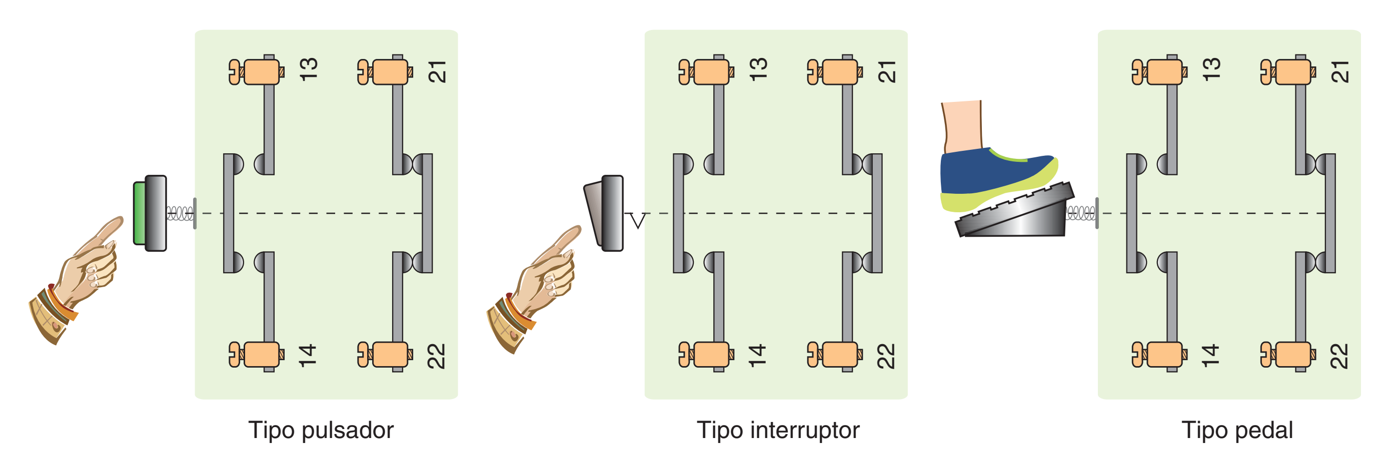
Los contactores y relés son los elementos por excelencia de los automatismos eléctricos cableados, sin embargo, cualquier sistema que se precie llamar automático debe disponer de sensores para captar las señales y receptores sobre los que actuar.

3.1. Captadores o sensores

Pueden ser de dos tipos: electromecánicos y de estado sólido (también denominados estáticos o electrónicos).

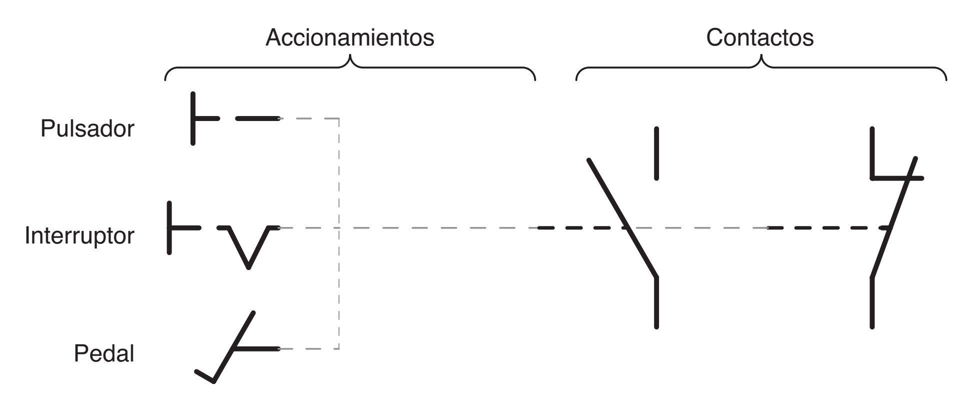
Sensores electromecánicos

Estos sensores disponen de un elemento de accionamiento (botón, tirador, pedal, etc) que abre y/o cierra uno (o más) contactos de tipo electromecánico.



↑ **Figura 5.14.** Tipos de sensores electromecánicos.

La simbología gráfica utilizada para representar este tipo de captadores en los esquemas está basada en los contactos (abiertos y/o cerrados) y el sistema de accionamiento. Así, en una parte del símbolo se representa el contacto, o contactos, y en otra, unido mediante una línea discontinua, el accionamiento.

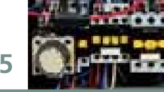


↑ **Figura 5.15.** Representación simbólica de los captadores electromecánicos.

Actualmente la mayoría de los fabricantes utilizan elementos modulares, que se ensamblan con facilidad en función de las necesidades del circuito. En estos sistemas los contactos son los mismos para cualquier mecanismo y lo que cambia es el cabezal de accionamiento.

caso práctico inicial

El interruptor monopolar que permite controlar el contactor desde la cuarta planta se representa de forma normalizaada como se indica en esta página.





↑ **Figura 5.16.** Diferentes tipos de accionamientos manuales para la misma cámara de contactos (SIEMENS AG).

Estos son algunos de los que vas a utilizar en las actividades de este libro:

Interruptores



↑ **Figura 5.17.** Interruptor rotativo (SIEMENS AG).

Son de accionamiento manual y tienen dos posiciones. El cambio de una a otra se realiza actuando sobre el elemento de mando, que puede ser una palanca, un balancín, una manilla rotativa, etc.

Todos los interruptores disponen de un sistema de enclavamiento mecánico, que permite mantenerlos en una posición hasta que se interviene de nuevo sobre el elemento de mando.

Estos son algunos símbolos para representar los diferentes tipos de interruptores:

Elemento	Símbolo	Identificador
Interruptor rotativo de un solo contacto	13 14	S
Interruptor rotativo de doble cámara de contactos (uno abierto y otro cerrado)	13 14 21 22	S
Interruptor tipo pulsador de un solo contacto	13 14	S
Interruptor de llave de contacto normalmente cerrado	11 12	S

Conmutadores



↑ **Figura 5.18.** Conmutador rotativo de tres posiciones (SIEMENS AG).

Son de accionamiento manual y tienen dos o más posiciones. Permiten redireccionar la señal por diferentes ramas de circuito a través de un borne común.

Elemento	Símbolo	Identificador
Conmutador rotativo de dos circuitos dos posiciones		S
Conmutador rotativo de dos circuitos tres posiciones	I 0 II	S

Pulsadores

Son de accionamiento manual. Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él. Sus contactos vuelven a la posición de reposo, mediante un resorte, cuando cesa la acción.

Los botones de los pulsadores pueden ser de diferentes colores, pero hay que prestar especial atención al color verde que se utiliza para la puesta en marcha y al rojo que se utiliza para la parada.

Elemento	Símbolo	Identificador
Pulsador con contacto normalmente abierto (pulsador de marcha)	E 13 14	S
Pulsador con contacto normalmente cerrado (pulsador de parada)	E 11 12	S
Pulsador de doble cámara con contacto abierto y contacto cerrado	E 13 14 21 22	S

Interruptores de posición

También denominados finales de carrera, se utilizan para detectar, por contacto físico, el final de recorrido de un elemento móvil de una máquina o dispositivo automático.

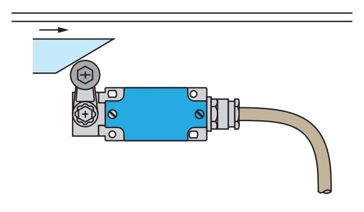
Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él, volviendo estos a su posición de reposo cuando cesa la acción.

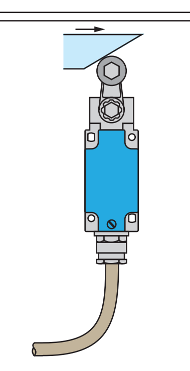
Elemento	Símbolo	Identificador
Interruptor de posición. Contacto normalmente abierto	13 14	S
Interruptor de posición. Contacto normalmente cerrado	11 12	S
Interruptor de posición con doble cámara de contactos	13 14 21 22	S
Interruptor de posición. Otra forma de representación	13 14 21 22	S





↑ **Figura 5.19.** Pulsador modular. Conjunto de pulsadores de marcha y paro (SIEMENS AG).

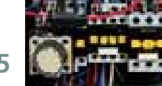




↑ **Figura 5.20.** Detalle de accionamiento de interruptores de posición (TELEMECANIQUE).

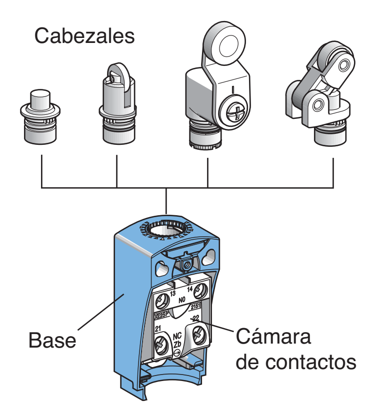


↑ **Figura 5.21.** Cámara de contactos de un Final de Carrera (SIEMENS AG).



saber más

Un final de carrera consta de tres partes: base o envolvente, la cabeza de accionamiento y la cámara de contactos.



↑ **Figura 5.23.** (TELEMECANIQUE).

Dependiendo de las necesidades de detección, existen numerosos tipos de cabezas de accionamiento (rodana, palanca, leva, varilla, etc.) intercambiables entre sí para un mismo modelo de final de carrera.

Algunos modelos se fabrican de material altamente robusto para trabajar en ambientes industriales muy agresivos.



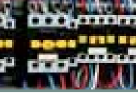
↑ **Figura 5.22.** Interruptores de posición electromecánicos con diferentes tipos de cabezas de accionamiento (SIEMENS AG).

Otros captadores electromecánicos

En los circuitos de automatismos industriales se utilizan, según las necesidades, numerosos tipos de captadores o sensores electromecánicos. Unos son de accionamiento manual, como los interruptores de palanca, de tirador, de pedal, etc., y otros de accionamiento automático debido al cambio de magnitudes físicas, como los presostatos o interruptores de nivel de líquidos por flotador.

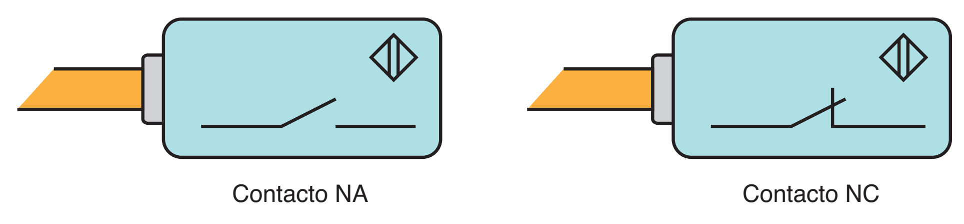
En general, todos ellos permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se actúa sobre su accionamiento.

Elemento	Sensor	Símbolo	Identificador
Interruptor de pedal			S
Interruptor de palanca			S
Sensor tirador			S
Presostato (interruptor por presión)			B
Interruptor por flotador			B



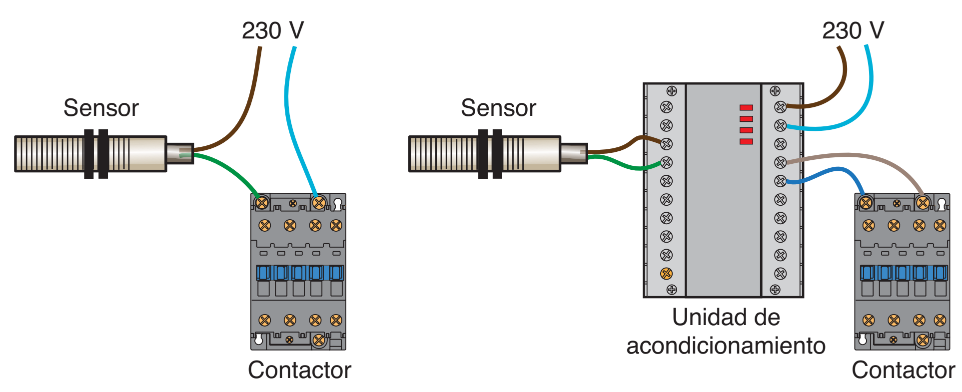
Captadores o sensores de estado sólido (estáticos)

Permiten detectar objetos sin contacto. Su funcionamiento está basado en el disparo de un circuito electrónico, que genera una señal de salida cuyo comportamiento, desde el punto de vista eléctrico, es similar al de un contacto electromecánico de apertura o de cierre.



↑ **Figura 5.24.** Contactos NA y NC.

Algunos modelos se conectan directamente a los actuadores (bobinas de relés y contactores, lámparas, etc.) y otros necesitan una unidad de acondicionamiento.

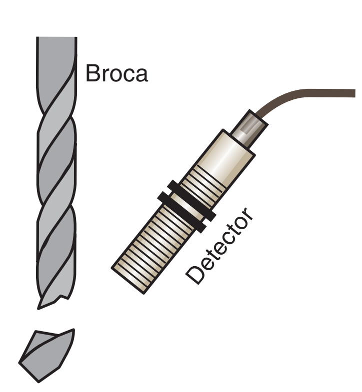


↑ **Figura 5.25.** Conexión directa de sensor y conexión a través de unidad de accionamiento.

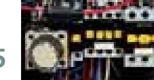
En el mercado existen numerosos tipos de sensores para medir todo tipo de magnitudes físicas. Aquí solamente se estudiarán algunos de ellos ampliamente utilizados en los automatismos industriales.

Este tipo de sensores también es conocido como **detectores de proximidad**, ya que detectan la presencia de objetos sin contacto cuando se encuentran dentro de su campo de acción o zona de trabajo.

Elemento	Símbolo	Identificador
Sensor de proximidad en general		B
Contacto asociado a un sensor de proximidad (en este caso abierto)	13 14	B
Sensor de proximidad		B



↑ **Figura 5.26.** Ejemplo de aplicación de un detector de proximidad para controlar la rotura de broca en una máquina herramienta.



Dependiendo de la tecnología utilizada para la detección, se clasifican en: Fotoeléctricos, inductivos, capacitivos y de ultrasonidos

Fotoeléctricos

Utilizan un rayo de luz (visible o de infrarrojos) como elemento de detección.

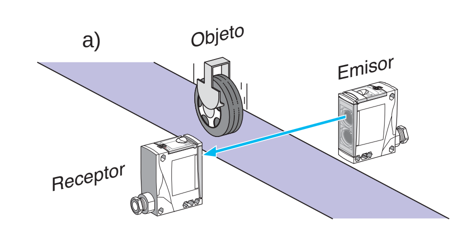


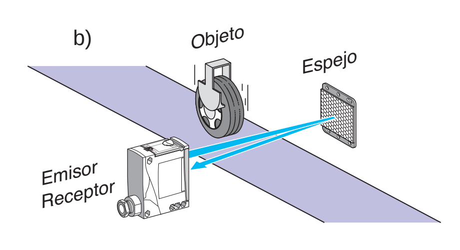
↑ **Figura 5.27.** Diferentes tipos de sensores fotoeléctricos (SIEMENS AG).

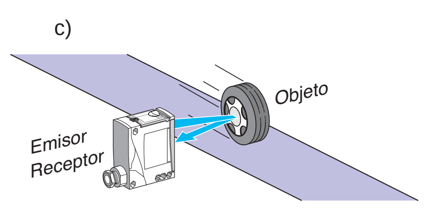
La barrera luminosa se establece entre una célula emisora y otra receptora. Pueden estar alojadas en una misma base o en bases separadas.

Así, los detectores fotoeléctricos se clasifican en los siguientes tipos:

- **De barrera.** El emisor y el receptor se encuentran en diferentes contenedores y es necesario alinearlos con precisión. Se utilizan para grandes distancias (hasta 60 m).
- **Réflex.** El emisor y el receptor se encuentran alojados en el mismo contenedor, el cual es necesario alinear con un espejo reflector. Se utilizan para distancias medias (hasta 15 m).
- **De proximidad.** Su funcionamiento es similar a los de tipo réflex, no siendo necesario el espejo reflector. El propio objeto a detectar es el encargado de reflejar el haz luminoso. Se utilizan para cortas distancias (entre 1 y 10 cm).

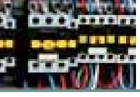






↑ **Figura 5.28.** a) Sensor fotoeléctrico de barrera. b) Sensor fotoeléctrico réflex. c) Sensor fotoeléctrico de proximidad (TELEMECANIQUE).

Elemento	Símbolo	Identificador
Receptor fotoeléctrico		B
Emisor fotoeléctrico		B
Detector fotoeléctrico de proximidad		B
Detector fotoeléctrico tipo réflex		B



Inductivos

Son detectores de proximidad y detectan exclusivamente objetos de material metálico.

Su campo de acción es muy reducido, no superando los 60 mm en los modelos de mayor potencia.



↑ **Figura 5.29.** Diferentes tipos de detectores inductivos (SIEMENS AG).

Elemento	Símbolo	Identificador
Detector inductivo		B

Capacitivos

Detectan objetos de cualquier tipo, conductores y no conductores, como por ejemplo: metales, minerales, madera, plástico, vidrio, cartón, cuero, cerámica, fluidos, etc.

Su aspecto físico y alcance es similar al de los inductivos.



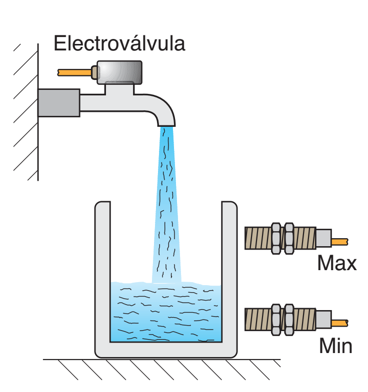
↑ **Figura 5.30.** Diferentes tipos de detectores capacitivos (SIEMENS AG).

Elemento	Símbolo	Identificador
Detector capacitivo		B

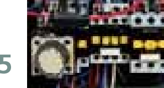
vocabulario

Español-Inglés

Cable: *wire*
Relé: *relay*
Temporizador: *timer*
Contactor: *contactor*
Estado sólido: *solid state*
Interruptor: *switch*
Conmutador: *switch*
Borne: *terminal*
Contacto: *contact*
Bobina: *coil*
Botón: *button*
Pulsador: *push button*
Llave: *key*



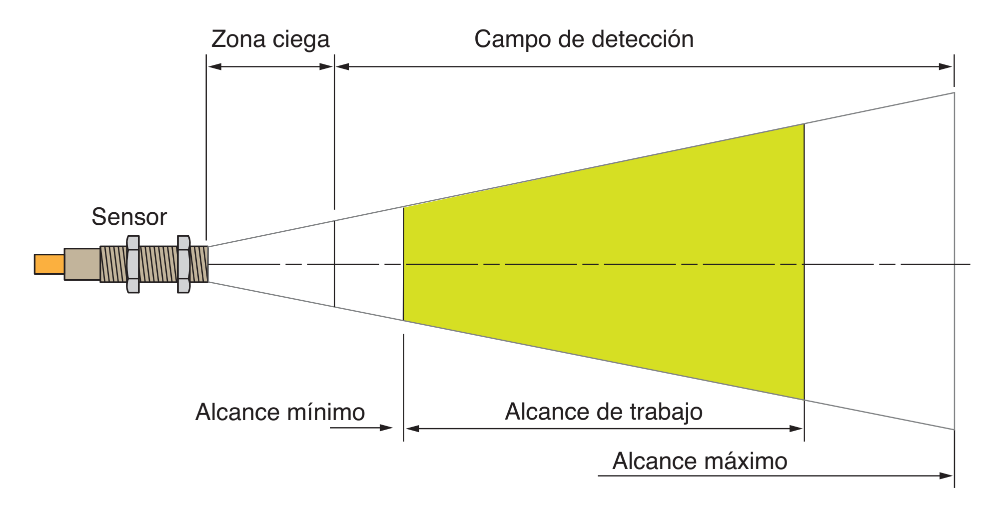
↑ **Figura 5.31.** Ejemplo de aplicación para el control de llenado y vaciado de un depósito con detectores capacitivos.



De ultrasonidos

Detectan objetos de cualquier tipo sin contacto físico.

Los detectores de ultrasonidos, también denominados **sonar**, permiten ajustar manualmente el campo de acción entre una distancia mínima y una máxima. Esto les hace enormemente versátiles para muchas aplicaciones industriales.



↑ **Figura 5.32.** Alcances de un detector de ultrasonidos (TELEMECANIQUE).

Los hay de salida digital y salida analógica. Los primeros se comportan como un contacto (de apertura o cierre) y los segundos son capaces medir con precisión la distancia a la que se encuentra un objeto en el campo de detección.



↑ **Figura 5.33.** Detectores por ultrasonidos (SIEMENS AG).

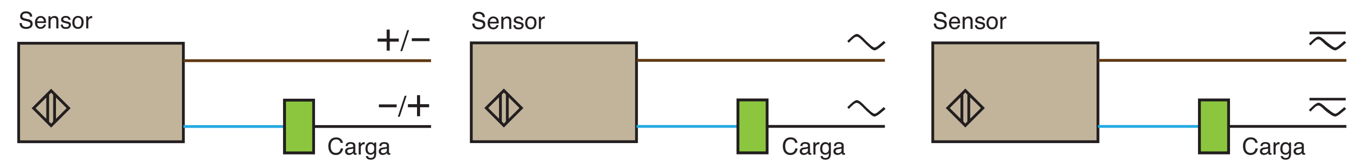
Conexión de los sensores de proximidad

Según el tipo de conexionado, los sensores de proximidad (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, etc.) pueden ser de dos hilos y de tres hilos.

Conexión a dos hilos

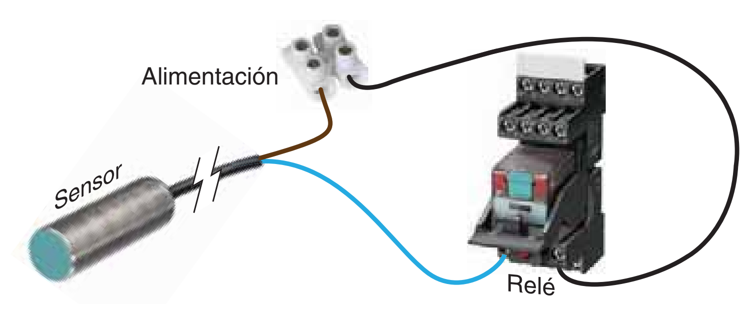
La conexión de estos sensores es similar a los electromecánicos. Es decir, se conectan en serie entre la carga y la red de alimentación.

Existen modelos para diferentes tensiones y tipos de corriente (alterna y continua). Estos son algunos ejemplos de conexión:



↑ **Figura 5.34.** Conexión a corriente continua, a corriente alterna y conexión mixta (alterna o continua).

La carga puede ser una bobina de contactor o un relé industrial de tensión y tipo de corriente idéntica a la de trabajo del propio detector.

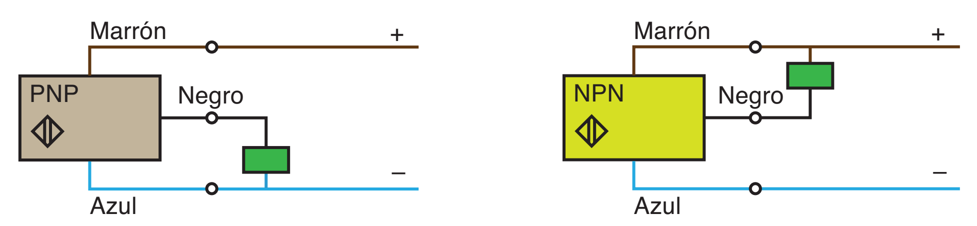


↑ **Figura 5.35.** Ejemplo de conexión de un sensor de dos hilos.

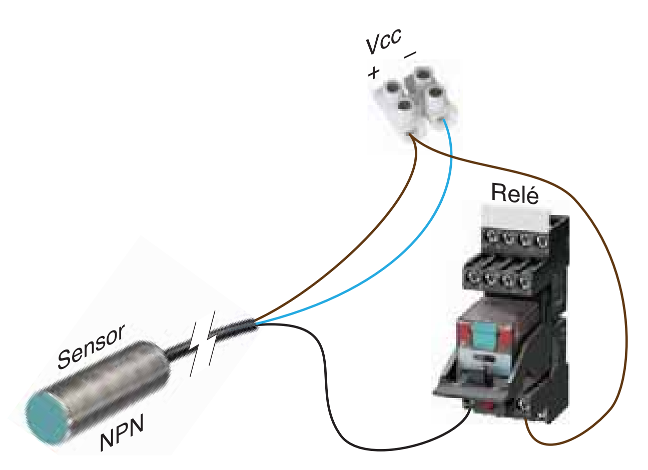
Conexión a tres hilos

Estos sensores disponen de tres hilos. Dos de ellos son para su alimentación desde una fuente de corriente continua auxiliar y el restante para la salida a la carga.

En función del tipo de conmutación los sensores de tres hilos pueden ser **PNP** y **NPN**. En los primeros la salida es positiva y en los segundo, la salida es negativa. Es importante tener esto en cuenta, ya que la carga se conecta de diferente forma en cada uno de ellos.



↑ **Figura 5.36.** Esquemas de conexión de sensores PNP y NPN.



↑ **Figura 5.37.** Ejemplo de conexión de un sensor NPN de tres hilos.

3.2. Elementos de señalización

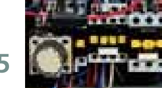
Se utilizan para emitir señales de funcionamiento del automatismo y que el operario debe atender al realizar acciones sobre él.

Los estados que suelen señalizar son: puesta en marcha de máquinas, alarmas, disparo de relés y dispositivos de protección, etc.

Los dispositivos de señalización pueden ser ópticos o acústicos.

saber más

Los colores de los tres hilos en los detectores de tipo cilíndrico son marrón (+), azul (–) y negro (salida).



Pilotos y lámparas de cuadro

Son dispositivos de señalización luminosa y disponen de un tamaño similar al de los pulsadores.

Están diseñados para ser ubicados en puertas de cuadros o en bases de botoneras.



↑ **Figura 5.38.** Pilotos de señalización (a) y lámpara de recambio (b).

Se pueden utilizar de diferentes colores, reservando el rojo para señalización de fallos y alarmas.

El recambio de la lámpara se realiza de forma sencilla retirando el casquillo transparente de su frontal.

Elemento	Símbolo	Identificador
Lámpara de señalización en general		H
Lámpara intermitente		H
Pulsador con señalización luminosa		S



↑ **Figura 5.39.** Balizas de señalización (SIEMENS AG).

Balizas y columnas señalizadoras

Están destinadas a aplicaciones de señalización donde la distancia de visibilidad es reducida.

Tienen forma de columna y están pensadas para instalarse en la parte superior de maquinaria.

Están formadas por un pie de fijación, por el cual pasa el cableado, y una parte óptica, formada por 2 o más elementos de material transparente. Estos se montan a diferentes niveles con colores fijos o personalizados por el operario (rojo, verde, amarillo y azul).

Algunas columnas disponen también de señalización acústica, basada en un zumbador, y luces giratorias.

Señalización acústica

Los dispositivos de señalización acústica están basados en zumbadores, timbres, sirenas, bocinas y silbatos.

Se instalan para señalizar situaciones del automatismo que requieren la atención inmediata del operario, como: alarmas, fallos o disparo de protecciones.

Elemento	Símbolo	Identificador
Sirena		H
Timbre		H
Zumbador		H
Silbato		H
Bocina		H

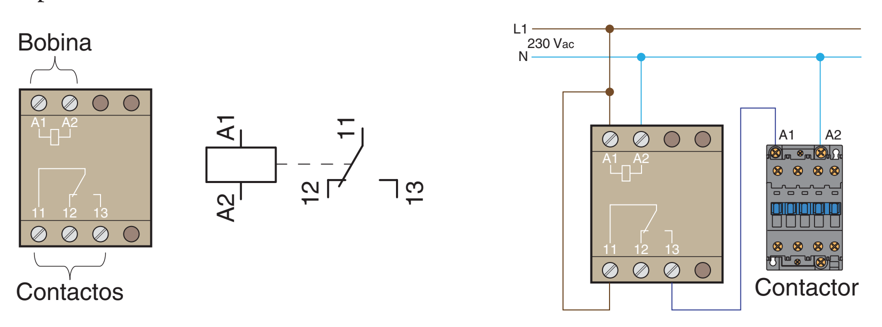


↑ **Figura 5.40.** Bocina.

4. Otros dispositivos utilizados en automatismos

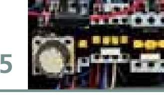
En esta unidad has estudiado algunos de los elementos de captación y actuación que más se utilizan en los automatismos industriales. Sin embargo, en el mercado existen numerosos dispositivos de protección y maniobra, que por su extensión sería imposible describir aquí en su totalidad.

En general, la mayoría de los dispositivos de funcionamiento electrónico utilizados en los automatismos cableados, disponen de un órgano de puesta en marcha, que comúnmente se conoce como bobina, cuyos bornes están etiquetados con A1-A2, y un conjunto de contactos (abiertos, cerrados y/o conmutados) para realizar operaciones de mando en el circuito.



← **Figura 5.41.** Partes de dispositivo de mando. Ejemplo de aplicación.

Algunas bobinas disponen de tres o más bornes (A1-A2-A3), que permiten seleccionar la tensión de trabajo utilizando solamente dos de ellos.



4.1. El temporizador o relé temporizado



↑ **Figura 5.42.** Temporizadores (SIEMENS AG).

Es un dispositivo electrónico que permite realizar acciones (de activación o desactivación) después de un tiempo.

Algunos temporizadores permiten ajustar el tiempo de disparo desde unos pocos milisegundos hasta horas.

Eléctricamente está formado por una bobina y un conjunto de contactos de utilización.

Según su funcionamiento los temporizadores pueden ser: **A la conexión** y **A la desconexión:**

- **Temporizador a la conexión o al trabajo:** cuando la bobina es conectada a la alimentación, comienza el proceso de temporización. Después del tiempo ajustado en el temporizador, los contactos cambian de posición.

  Si en el proceso de temporización se desconecta la bobina, el temporizador se inicializa. Lo mismo ocurre si se desconecta la bobina una vez que el temporizador se ha disparado.

- **Temporizador a la desconexión o al reposo:** en el momento de conectar la bobina de activación a la alimentación, los contactos del temporizador actúan, volviendo a la posición de reposo una vez transcurrido el tiempo configurado.

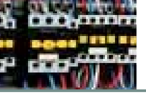
  Si en el proceso de temporización se desconecta la bobina, el comportamiento es similar al temporizador a la desconexión.

saber más

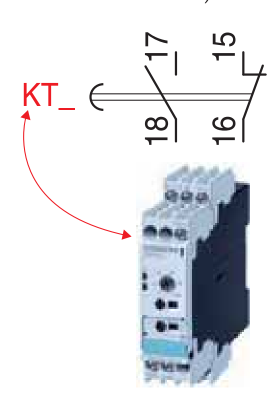
En la actualidad muchos fabricantes ofertan temporizadores multifunción, cuya forma de funcionamiento se ajusta a través de selectores o pequeños interruptores de configuración.

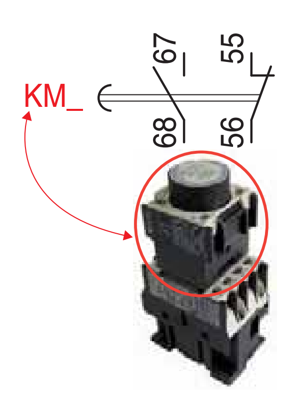
Elemento	Símbolo	Identificador
Temporizador a la conexión (bobina)	A1 A2	KT
Contactos de temporizador a la conexión	17 15 18 16	KT
Temporizador a la desconexión (bobina)	A1 A2	KT
Contactos de temporizador a la desconexión	17 15 18 16	KT
Temporizador con doble función a la conexión/desconexión (bobina)	A1 A2	KT
Contacto de temporizador conex/desconex	17 15 18 16	KT

Los elementos de un temporizador (contactos y bobinas) se identifican en el esquema con el símbolo literal **KT**. El identificador principal **K** por ser un relé y el secundario **T** por ser un dispositivo de tiempo.



Un caso especial es el de los contactos temporizados que pertenecen a una cámara de un contactor. Si bien el símbolo de dichos contactos es el representado anteriormente, el identificador asignado a la bobina es **KM** (contactor principal) o **KA** (contactor auxiliar).





← **Figura 5.43.** Identificación de contacto en temporizador.

4.2. Relojes horarios

Estos dispositivos permiten realizar acciones de apertura y/o cierres de un circuito eléctrico, en un momento determinado de un periodo horario (día, semana o año).

En función de los periodos que son capaces de gestionar, los relojes pueden ser diarios, semanales o anuales. Dentro de estos últimos, destacan los denominados relojes astronómicos, que se adaptan con exactitud a la zona geográfica en la que se instalan.

La programación de los relojes horarios se realiza mediante unas levas o uñetas, en los más simples, o a través de un teclado y pantalla de visualización, en los más avanzados.

Los relojes horarios deben disponer de un sistema de «reserva de cuerda» que permita su funcionamiento ante cortes del suministro eléctrico.

Disponen de un órgano motor (bobina) y un contacto o conjunto de contactos, utilizables en maniobras de automatismos.

Elemento	Símbolo	Identificador
Órgano motor (bobina) de un reloj horario (dos formas)	(1, 2) (M 1, 2)	KT
Contactos de un reloj horario (forma 1)	13, 14, 21, 22	KT
Contactos de un reloj horario (forma 2)	M 13, 14, 21, 22	KT

caso **práctico** inicial

El dispositivo que permite arrancar y parar el motor del caso práctico de forma programada se denomina reloj horario.



↑ **Figura 5.44.** Reloj programable digital. Reloj programable analógico (SIEMENS AG).

ACTIVIDADES

1. Busca en internet catálogos de temporizadores y relojes humanos. Redacta una breve descripción de su funcionamiento y diseña sus esquemas de conexión.

ACTIVIDADES FINALES

1. Realizar la actividad propuesta en la Práctica Profesional de esta unidad. ¿Qué ventajas observas en este circuito respecto al arranque directo de un motor trifásico mediante un interruptor de potencia tripolar que hiciste en la unidad anterior?

2. En la actividad anterior, sustituye el interruptor por un detector fotoeléctrico de 2 hilos, tipo réflex o de proximidad, que admita una conexión a 230Vca. Prueba su funcionamiento. Enumera al menos tres aplicaciones de la vida real, en las que utilizarías un sensor de este tipo para realizar una tarea de automatización.

3. Conecta un final de carrera, normalmente cerrado, en serie con el interruptor de la actividad anterior y prueba que función realiza en el circuito. Realiza un esquema detallado del conjunto y sigue las pautas de montaje y puesta en marcha indicadas en la Práctica Profesional.

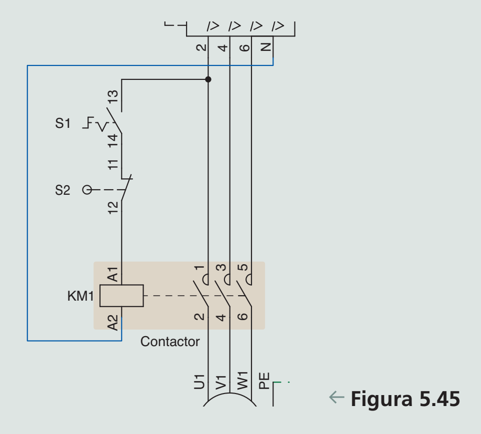


Figura 5.45

4. Utilizando un relé industrial o un contactor de mando, realiza el montaje de siguiente esquema. El interruptor se encarga de gestionar la alimentación del relé y los contactos éste, uno abierto y otro cerrado, controlan el encendido y apagado respectivamente de dos lámparas de raíl.

   Para realizar esta actividad, utiliza el panel de pruebas, y la aparamenta coincidente, de la Práctica Profesional.

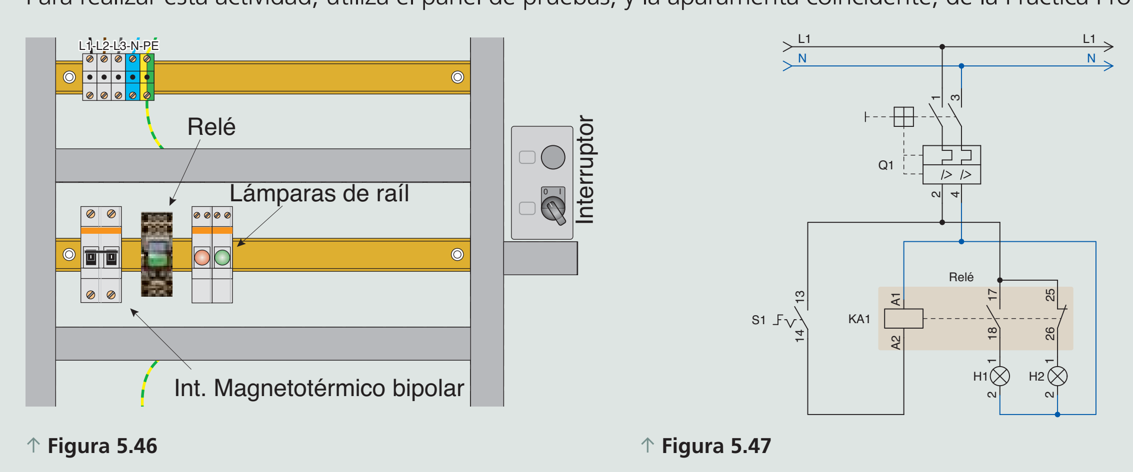
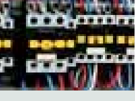


Figura 5.46

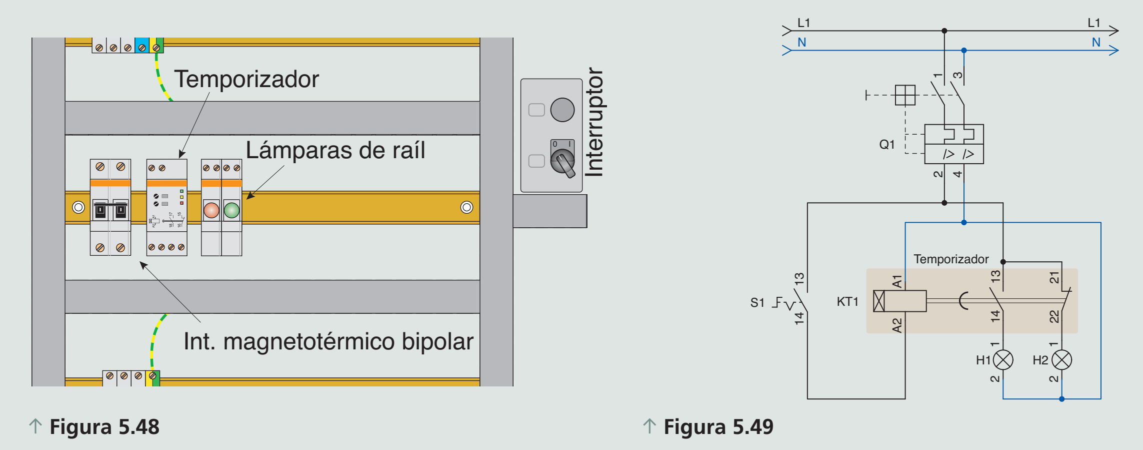
Figura 5.47

5. Sobre la práctica de la actividad anterior, sustituir el relé industrial por un temporizador a la conexión que disponga de dos contactos, uno abierto y otro cerrado, o un contacto conmutado.

   Una vez montado, y siguiendo las pautas de seguridad indicadas en la ficha de la Práctica profesional, acciona el interruptor y observa que ocurre con las lámparas.



Con los mandos de ajuste del temporizador, regula el intervalo de disparo a diferentes tiempos.



↑ **Figura 5.48**

↑ **Figura 5.49**

■ 6. En la actividad anterior, sustituye el temporizador a la conexión por uno a la desconexión y observa su funcionamiento. ¿Qué diferencias encuentras?

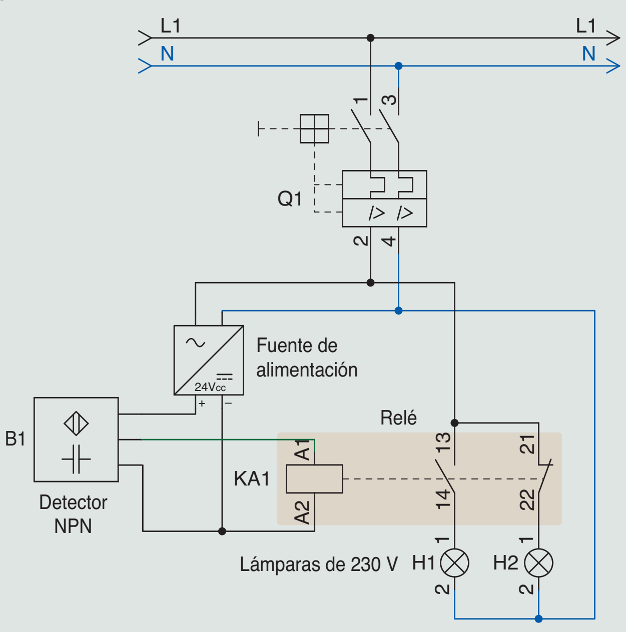
■ 7. Sobre el panel de pruebas de la actividad anterior, realiza lo cambios pertinentes para controlar el encendido de las dos lámparas teniendo en cuenta lo siguiente:

a. El relé industrial dispone de una bobina que trabaja a 24Vcc

b. La acción de activación y desactivación se realiza sobre un sensor de proximidad de tipo inductivo o capacitivo de tres hilos y cuya tensión de trabajo también es de 24Vcc.

c. Para la alimentación de ambos elementos, es necesario una fuente de alimentación de 230Vca a 24Vcc

d. Las lámparas funcionan con una tensión de 230Vca.



↑ **Figura 5.50**

entra en internet

■ 8. Busca en internet catálogos de sensores y actuadores, que no se han tratado en esta unidad, que se pueden utilizar en automatismos industriales. Realiza una lista con al menos seis de esos sensores y actuadores. Redacta una breve descripción de su funcionamiento y para qué se utilizan. Dibuja sus esquemas de conexión.

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas anteriores
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tetrapolar
- Cable de línea de 1,5 mm²
- Cable de línea de 2,5 mm²
- Manguera de 5x 2,5mm²
- Una botonera de superficie para dos pulsadores
- Un interruptor rotativo o tipo pulsador
- Un contactor con bobina a 230 V
- Motor trifásico de 400 V y de menos de 1 kW de potencia

Arranque de un motor trifásico con contactor mandado mediante interruptor monopolar

OBJETIVO

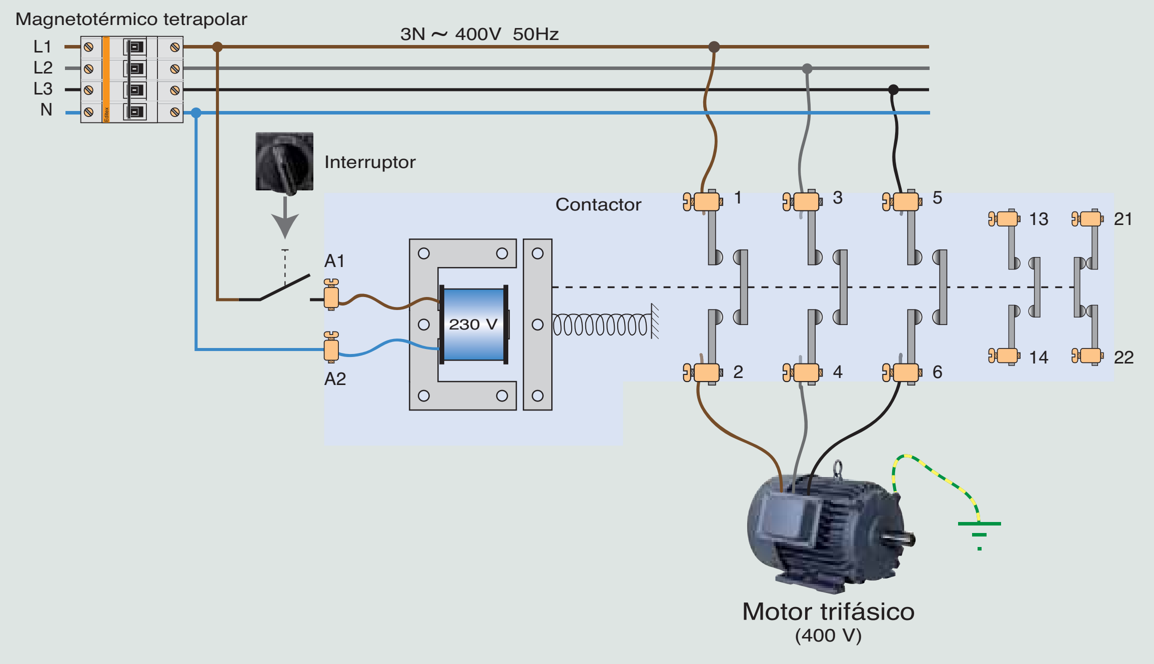
Realizar el montaje que resuelve el caso práctico planteado al principio de esta unidad.

PRECAUCIONES

- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación
- Antes de conectar la aparamenta del circuito, es importante que conozcas bien la red de alimentación en la que vas a probar el montaje. Aquí se ha considerado que el conjunto se va a conectar a una red de 400 V de corriente alterna con neutro.
- No toques el eje del motor cuando esté girando.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

DESARROLLO

El circuito a montar, como solución al caso práctico Inicial, es el que se muestra en la figura 5.51 de esta unidad, al cual se le ha añadido un interruptor automático de protección.



↑ **Figura 5.51.** Conexión del conjunto.

1. Utilizando la simbología normalizada, realiza un esquema del circuito.

No te preocupes ahora demasiado por esta tarea, en la próxima unidad aprenderás a diseñar esquemas de automatismos eléctricos cableados. Aquí simplemente dibuja el esquema que te servirá de guía, para realizar el conexionado de la aparamenta que se utilizará.

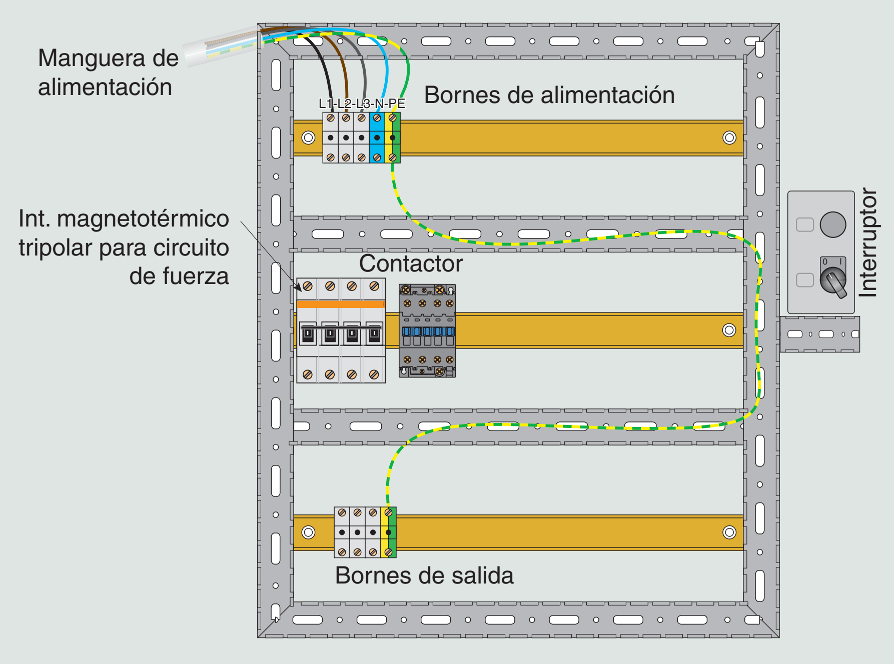
↑ **Figura 5.52.** Esquema de conexión.

2. Utilizando el panel de pruebas de otras actividades, retira todos los aparatos excepto los bornes de entrada y de salida.

3. Fija en el raíl central un magnetotérmico tetrapolar y un contactor.

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

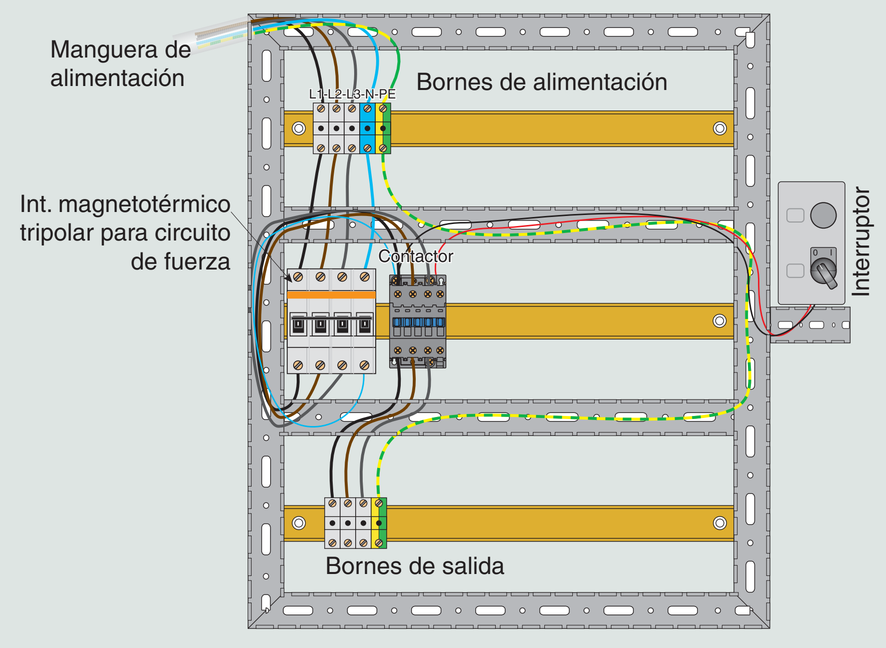
4. Fija en el lateral derecho del panel (o en otra ubicación que consideres adecuada) la botonera con el interruptor.



↑ **Figura 5.53.** Situación de los elementos en el panel de pruebas.

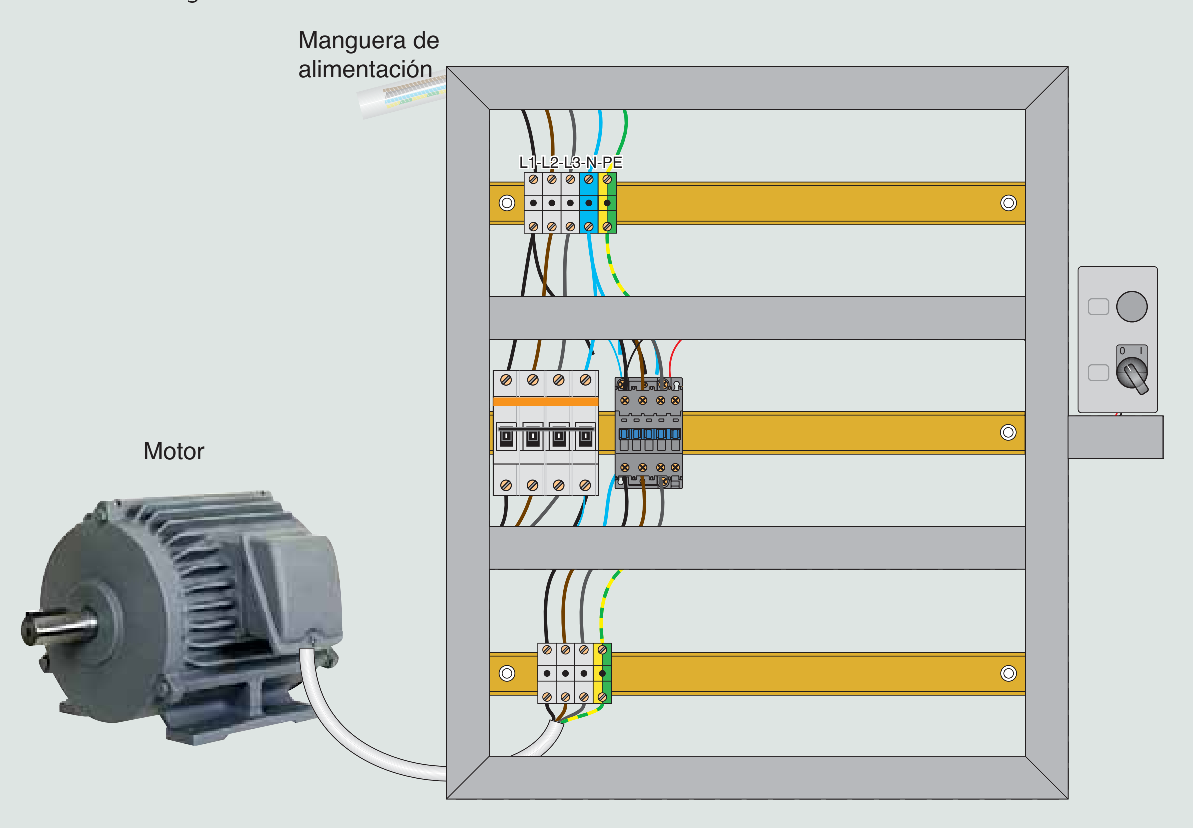
5. Con el hilo de 2,5 mm², realiza el cableado trifásico que alimenta el motor desde los bornes trifásicos de entrada hasta los bornes de salida, pasando por el interruptor magnetotérmico tetrapolar y los contactos de fuerza del contactor.

6. Con el hilo de 1,5 mm², realiza el cableado que alimenta la bobina del contactor, a través del interruptor monopolar, desde la fase L1 y N de la salida del interruptor magnetotérmico.



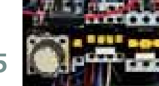
↑ **Figura 5.54.** Cableado.

7. Conecta el motor a los tres bornes de salida y la carcasa al borne de toma de tierra.
8. Coloca la tapa de la canaleta.
9. Pone el interruptor magnetotérmico en desconectado (Off).
10. Enchufa la manguera a la red de alimentación.



↑ **Figura 5.55.** Conexión del motor.

11. Acciona el interruptor magnetotérmico poniéndolo en conectado (On)
12. Cambia de posición el interruptor monopolar y comprueba que el motor arranca.
13. Pon este interruptor de nuevo en su posición de reposo y comprueba que el motor ahora se para.



MUNDO TÉCNICO

Automatismos neumáticos y electroneumáticos

No todos los movimientos que se realizan en las máquinas industriales se realizan con motores eléctricos. En el sector de la automatización está muy extendido el uso de actuadores neumáticos, ya que presentan ciertas ventajas sobre los eléctricos:

- Pueden realizar movimientos lineales de forma muy rápida sin necesidad de transmisiones mecánicas complejas.
- Como se alimentan con aire comprimido, no existe riesgo de cortocircuitos o contactos indirectos en el lugar en el que se instalan.
- Son ideales para aquellas instalaciones que no puede disponer de ningún elemento eléctrico, debido a riesgos de explosión o incendio.



↑ **Figura 5.56.** Actuadores neumáticos (FESTO).



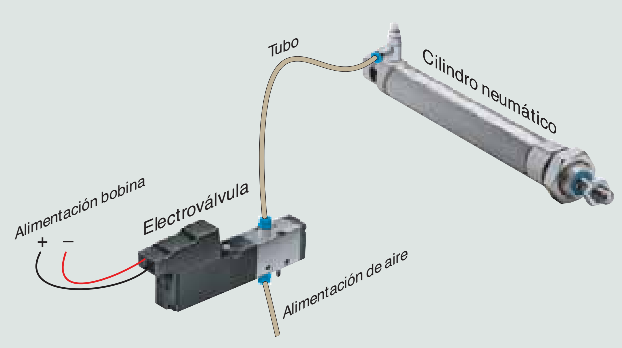
↑ **Figura 5.57.** Cilindros neumáticos en una instalación.

- En circuitos **Todo Neumática,** se pueden encontrar elementos de captación y actuación similares a los eléctricos: finales de carrera, detectores, pulsadores, pilotos de señalización, etc. Por tanto, para el técnico electricista, la adaptación a esta tecnología se hace de forma inmediata.

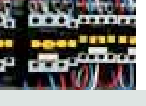


↑ **Figura 5.58.** Finales de carrera, pulsadores e interruptores neumáticos (FESTO).

- Los actuadores neumáticos se pueden gestionar fácilmente con un circuito eléctrico de control, basado en contactores y relés o en un autómata programable. Para ello se utilizan las denominadas **electroválvulas,** que constan de una bobina eléctrica (solenoide), que al excitarla o no, permite o interrumpe el paso de aire por un circuito neumático.



↑ **Figura 5.59.** Conexión de una electroválvula para controlar un cilindro neumático de simple efecto.



EN RESUMEN

APARAMENTA UTILIZADA EN AUTOMATISMOS

Partes - Funcionamiento - Tipos - Simbología - Identificación en esquemas - Aplicaciones prácticas

- **El contactor**
  - De potencia
  - De mando
- **Relés auxiliares**
  - De mando
- **Elementos de mando**
  - Captadores electromecánicos
    - Interruptores
    - Pulsadores
    - Interruptores de posición
    - De pedal
    - De palanca
  - Captadores de estado sólido o estáticos
    - Fotoeléctricos
    - Inductivos
    - Capacitivos
    - Ultrasonidos
- **Elementos de señalización**
  - Lámparas y pilotos
  - Balizas y columnas
  - Señalización acústica
- **Otros dispositivos**
  - Temporizadores
  - Relojes programables

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. La principales partes de un contactor son:
   - ______________________________
   - ______________________________
   - ______________________________
2. Los contactores solamente se utilizan para arrancar motores.
   a) Verdadero.
   a) Falso.
3. Los bornes de la bobina de un contactor se denominan ___ y ___
4. Cuál es el identificador en el esquema de los siguientes elementos utilizados en automatismos: interruptor___, pulsador___, detector de proximidad___, piloto de señalización___, temporizador___, relé auxiliar___ y contactor de potencia___
5. Con los contactos de un contactor auxiliar o de mando, se puede arrancar un motor trifásico de potencia.
   a) Verdadero.
   b) Falso.
6. Los temporizadores pueden ser a_____________ y a_______________
7. Cuáles de estos dispositivos permitirían detectar la posición de un móvil en una máquina automática:
   a) Finales de carrera.
   b) Temporizadores.
   c) Balizas.
   d) Detectores de proximidad.
8. En un sensor PNP el hilo de salida (Out) entrega una señal:
   a) Positiva.
   b) Negativa.

6 Esquemas y circuitos básicos

vamos a conocer...

1. Los símbolos en los esquemas de automatismos
2. Representación de esquemas de automatismos industriales
3. Realimentación
4. Arranque de motores trifásicos de corriente alterna
5. Reglas básicas para la obtención de circuitos eléctricos cableados
6. Inversión del sentido de giro de motores trifásicos con contactores
7. Uso del temporizador en circuitos de mando

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Arranque de un motor trifásico con pulsadores de marcha y paro

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Inversión del sentido de giro de un motor trifásico mediante conmutador rotativo

MUNDO TÉCNICO

Diversos tipos de detectores

y al finalizar..

- Conocerás cómo se representan los esquemas de automatismos industriales
- Conocerás qué es un relé térmico y para que se utiliza.
- Entenderás el concepto de realimentación y la importancia que tiene en los automatismos industriales.
- Montarás circuitos para el arranque e inversión del sentido de giro de motores trifásicos.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Una serrería (El Serrucho Veloz, S.A.) dispone de numerosas máquinas para el corte de madera. El sistema de aserrado es eléctrico basado en motores trifásicos de corriente alterna con rotor en cortocircuito. El arranque y parada de estos motores se realiza mediante interruptores de potencia.

La empresa se encuentra ubicada en una zona en la que se producen numerosos cortes eléctricos en horas de trabajo. Cada vez que se produce uno de ellos, las máquinas se paran. Cuando el suministro se restablece, si no se ha tenido la precaución de desactivar los interruptores de los motores, las máquinas se ponen en marcha de forma inesperada, produciendo situaciones de peligro sobre los operarios se encuentran cerca de ellas.

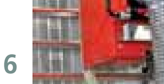
La empresa ha decidido contratar los servicios de un técnico automatista, que diseñe y monte los circuitos necesarios para que el arranque de los motores solamente se realice bajo la intervención de un operario. Esto permitirá que las máquinas permanezcan paradas, aunque se restablezca el suministro eléctrico, después de un corte de tensión.

Además, se ha pensado que sería aconsejable poder poner en marcha y parar cada una de las máquinas desde varios puntos. Los interruptores de potencia serán sustituidos por contactores que permitirán flexibilizar el circuito automático de control.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar el resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Estudia el circuito que has utilizado, y montado en unidades anteriores, para el arranque del motor mediante un interruptor trifásico de potencia. Explica el motivo por el que dicho circuito no es adecuado para la instalación descrita en el caso práctico.
2. Haz lo mismo con el circuito que montaste en la unidad anterior para arrancar el motor trifásico con un interruptor monopolar a través de un contactor, ¿por qué motivos este circuito tampoco sirve para el montaje?
3. ¿Crees que un circuito con pulsadores de marcha-paro, basado en el uso de la realimentación, es el más adecuado para el control de los motores de la serrería?
4. ¿Qué diferencias, en cuanto al funcionamiento se refiere, encuentras con el circuito de la pregunta 2?
5. Si fuera necesario arrancar y parar las máquinas desde más de un punto, ¿qué circuito utilizarías?



1. Los símbolos en los esquemas de automatismos

En unidades anteriores has conocido y utilizado los diferentes símbolos gráficos, que se emplean para identificar los dispositivos que intervienen en los circuitos de automatismos industriales cableados.

Los símbolos están normalizados y son utilizados por los técnicos automatistas de diferentes países. Esto permite que un esquema eléctrico sea un lenguaje global, entendible por personal cualificado de cualquier parte del mundo.

Un símbolo eléctrico consta de dos partes bien diferenciadas: la parte gráfica y la parte literal. En la primera se representa el aparato, de forma sencilla, con elementos gráficos (líneas, rectángulos, arcos, etc.). En la segunda se define, con letras y números, la función que define el tipo del aparato y el número de orden que hace en el esquema.

saber más

Consulta la tabla del anexo que aparece al final del libro, para conocer las letras que definen las funciones de tipo de aparato y funciones generales en los identificadores de los símbolos.



↑ **Figura 6.1.** Partes de un símbolo eléctrico.

1.1. Identificador con una sola letra

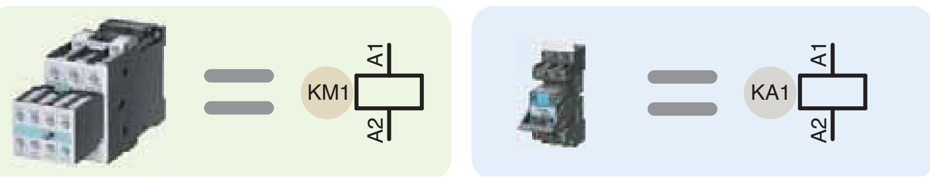
En el caso del ejemplo se representa un interruptor (S), que ocupa el cuarto (4) lugar en el esquema y que consta de dos bornes (13-14). En este caso, posiblemente, en el mismo esquema estarán representados al menos otros tres interruptores identificados como S1, S2 y S3.

Esta forma, con una letra y un número, es la más sencilla para identificar elementos en un esquema.

1.2. Identificador con una segunda letra

Solamente se utiliza en aquellos casos que se desea indicar la función general que desempeña el aparato en el esquema.

Se utiliza para identificar dispositivos en el mismo circuito que disponen de una función de tipo de aparato similar, sin embargo su función general es diferente.





→ **Figura 6.2.** Uso de segunda letra en identificador de símbolo.

En el caso de la figura, los dos aparatos hacen la función de relé (K), sin embargo el de la izquierda es un contactor de potencia (KM) y el de la derecha un relé auxiliar (KA).

1.3. Identificador con un número delante de la letra de función

Si el identificador de un símbolo aparece con un número a la izquierda del bloque de función, este indica la página del proyecto en el que se encuentra representado.



↑ **Figura 6.3.** Contactor KM5 que se encuentra representado en la página 1.

↑ **Figura 6.4.** Contactor KM20 que se encuentra representado en la página 3.

saber más

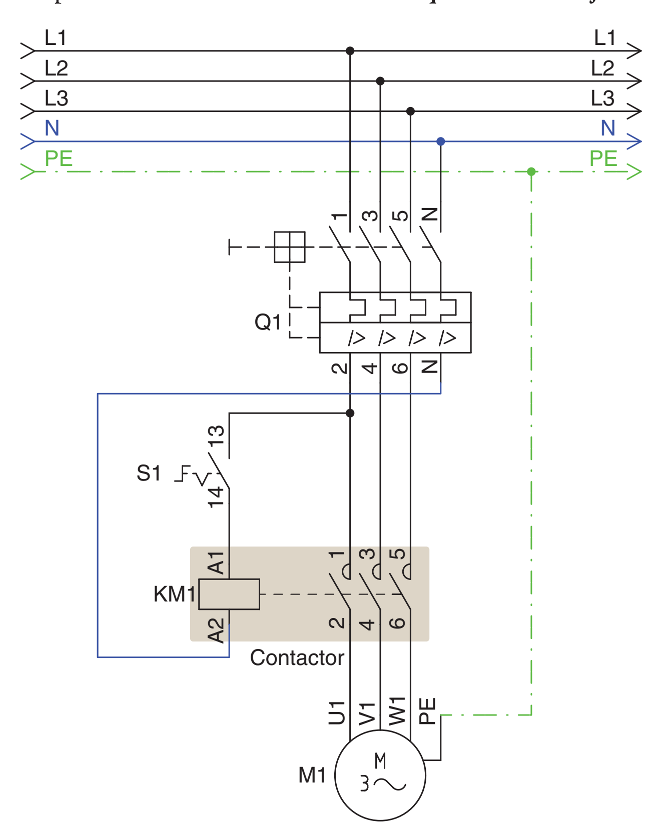
En algunas ocasiones, la omisión del número de página en el identificador se representa con un guión:

– KM5.

2. Representación de esquemas de automatismos industriales

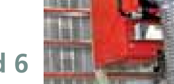
En la unidad anterior has utilizado algunos esquemas básicos de automatismos industriales. En ellos, tanto la representación del circuito de potencia (por ejemplo, para arrancar un motor trifásico), como la de mando (para la alimentación de la bobina de un contactor mediante diferentes tipos de sensores), se han realizado sobre el mismo esquema.

A este tipo de representación se le denomina **esquema de conjunto.**



← **Figura 6.5.** Esquema de conjunto para el arranque de un motor trifásico mediante un contactor controlado por un interruptor monopolar.

Realizar este tipo de esquemas, solamente está justificado para sencillos circuitos de automatismos.



2.1. Esquemas de fuerza y mando

En la industria, los automatismos cableados pueden ser realmente complejos y por tanto, también sus esquemas. Si estos se realizaran por la representación conjunta, el técnico de montaje y de mantenimiento tendría verdaderas dificultades para entenderlos.

Por este motivo, se hace necesario separar gráficamente el circuito de potencia del circuito de control o de mando.

El **esquema de potencia o de fuerza** representa la parte del circuito que alimenta el receptor o receptores de potencia.

El **esquema de mando** representa, entre las dos fases de alimentación, la combinación lógica de los contactos de los sensores utilizados para gobernar las bobinas de los diferentes órganos de control, como contactores, temporizadores, relés auxiliares, etc.

Leyenda:

Q1: interruptor magnetotérmico tetrapolar

KM1: contactor

M1: motor

S1: interruptor monopolar

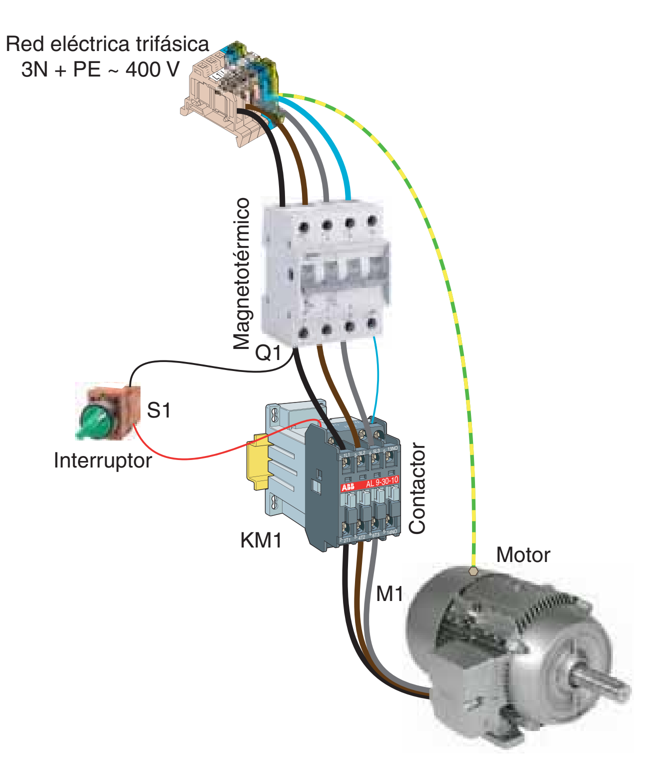
Esquema de fuerza

Esquema de mando

↑ **Figura 6.6.** Esquema de fuerza y mando representación separada.

En el esquema de fuerza los interruptores y protecciones de corte general se representan en la parte superior, próximos a las líneas de la red de alimentación. Los receptores o motores en la parte inferior. Y entre ambos los contactores de potencia.

En la práctica, el circuito de fuerza se realiza con cable de mayor sección que el de mando, ya que debe estar calculado para soportar el paso de corriente del receptor de potencia, en este caso el motor. Sin embargo, el cableado de mando se realiza con cable de menor sección (1,5 mm^2 de color rojo), ya que el consumo de las bobinas no es muy elevado.

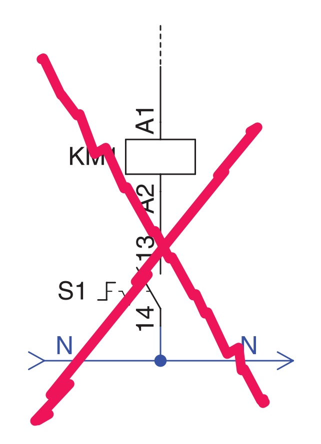


↑ **Figura 6.7.** Representación realista del circuito.

saber más

Aunque eléctricamente podría ser correcto conectar contactos debajo del borne A2 de la bobina del contactor, gráficamente no se puede hacer.

Todas las bobinas deben estar representadas con sus bornes A2 conectados a la fase inferior, en este caso el Neutro.



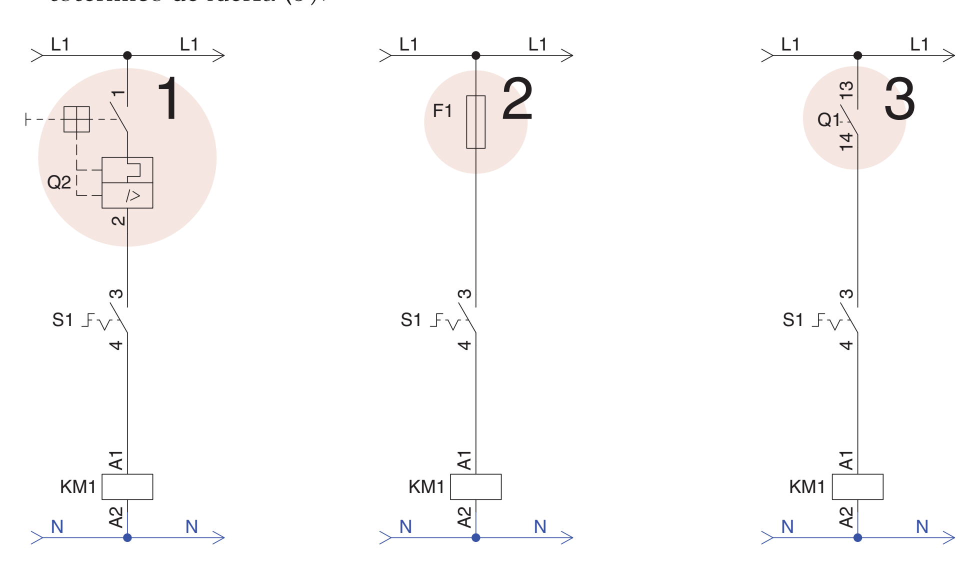
↑ **Figura 6.8.** Esquema MAL dibujado.

2.2. Conexión y protección del circuito de mando

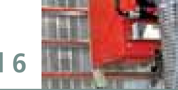
El circuito de mando debe disponer de un elemento protección contra cortocircuitos. Este puede ser el mismo que se utiliza en el circuito de fuerza, según lo mostrado en el anterior circuito, o uno exclusivo para él.

Estas son algunas formas de proteger contra sobrecargas y cortocircuitos el circuito de mando:

- Mediante un interruptor magnetotérmico monopolar independiente (1).
- Mediante un fusible (2).
- Mediante un contacto auxiliar acoplado mecánicamente al interruptor magnetotérmico de fuerza (3).



← **Figura 6.9.** Ejemplos de dispositivos de protección contra cortocircuitos en el circuito de mando.



2.3. Circuito de mando a tensiones reducidas



↑ **Figura 6.10.** Transformador de mando.



↑ **Figura 6.11.** Fuente de alimentación para circuito de mando de corriente continua.

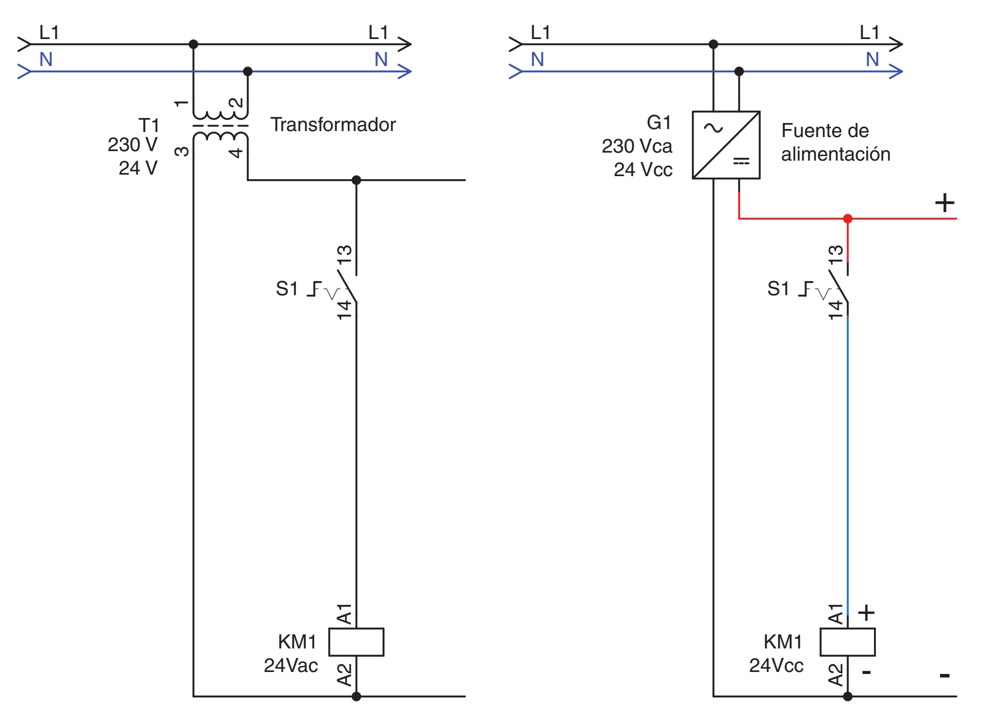
En el ejemplo mostrado anteriormente, la tensión de alimentación del circuito de fuerza es de 400 V. Sin embargo, el circuito de mando trabaja a 230 V. Por este motivo este circuito se conecta entre fase y neutro.

Existen contactores, que si bien pueden controlar la carga de potencia para tensiones de 230 o 400 V, sus bobinas están diseñadas, por seguridad, para trabajar a tensiones reducidas de 24 o 48 V, en corriente alterna o corriente continua. En estas ocasiones el circuito de mando debe estar conectado a un transformador reductor de tensión en el primer caso, y a una fuente de alimentación en el segundo.

Los símbolos del transformador de mando y la fuente de alimentación son los siguientes:

Elemento	Símbolo	Identificador
Transformador		T
Fuente de alimentación		G

Los esquemas de mando para el arranque del motor trifásico con un interruptor monopolar son:



↑ **Figura 6.12.** Mando a 24 V de corriente alterna.

↑ **Figura 6.13.** Mando a 24 V de corriente continua.

Aunque el mando a tensiones reducidas está ampliamente utilizado en las instalaciones industriales, por simplicidad, la mayoría de los esquemas de este libro se han representado para 400 Vca en el circuito de fuerza y para 230 Vca en el circuito de mando.

saber más

En algunos contactores y dispositivos de mando cuya bobina trabaja en corriente continua, se debe respetar la polaridad (+ y –) ya que pueden no funcionar.

2.4. Señalización del estado de los contactores

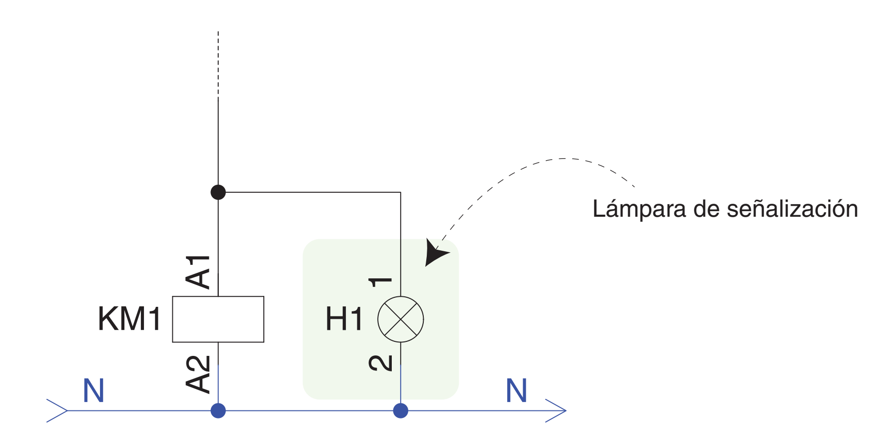
En muchas ocasiones es necesario señalizar el estado de un contactor. Esto permite al operario detectar, de un simple vistazo si una máquina, está en funcionamiento o no.

Este tipo de señalización se puede realizar de varias maneras, pero la más sencilla se hace mediante pilotos, ubicados en las puertas de los cuadros eléctricos, o balizas luminosas.

Las lámparas de señalización se conectan en paralelo con las bobinas de los contactores o relés de los que se desea saber su estado de funcionamiento.



↑ **Figura 6.14.** Lámpara de señalización para cuadro eléctrico (SIEMENS AG).



↑ **Figura 6.15.** Conexión de lámpara de señalización en paralelo a bobina de un contactor.

3. Realimentación

El circuito visto hasta ahora, basado en el mando con interruptor monopolar, para el arranque de motores, tiene un gran inconveniente de seguridad. Si estando la máquina funcionando, se produce un corte de la alimentación de la red eléctrica, cuando esta se repone nuevamente, el motor arrancará de inmediato sin ningún control para operario y si el motor está instalado en una máquina peligrosa (por ejemplo, una sierra eléctrica), este arranque inesperado puede ser sumamente peligroso.

Por este motivo, lo habitual para el arranque de motores es utilizar botoneras con pulsadores de marcha y paro.

Si en el circuito de mando anterior, sustituyes el interruptor por un pulsador (S2), apreciarás que el motor solamente está en marcha cuando se mantiene la acción sobre él.

Para que el motor siga funcionando una vez cesada la acción sobre el pulsador, es necesario poner un contacto del propio contactor en paralelo con el pulsador, esta conexión es lo que se denomina **realimentación.** En esta situación, solamente se puede desactivar el circuito si se corta la alimentación de la bobina. Por tanto, para realizar esto, se debe colocar un pulsador normalmente cerrado (S1) en serie al conjunto en paralelo. Así, cada vez que se acciona este **pulsador de parada,** se interrumpe la alimentación de la bobina, el contacto de realimentación se abre y de esta manera se desconecta el contactor parando el motor.

caso **práctico** inicial

El uso de la realimentación en los circuitos de la serrería evita que las máquinas arranquen de forma inesperada después de un corte de tensión.

recuerda

Lo contactos pueden estar etiquetados como:

NO: Normalmente Abierto (NA)

NC: Normalmente Cerrado (NC)

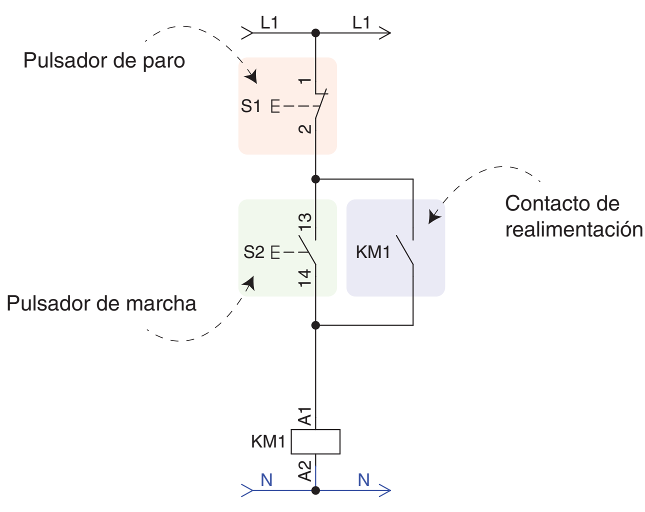
saber más

Las botoneras con pulsadores de marcha-paro son muy utilizadas en la industria.

El pulsador verde es el de marcha (I), y el rojo es de parada (0).

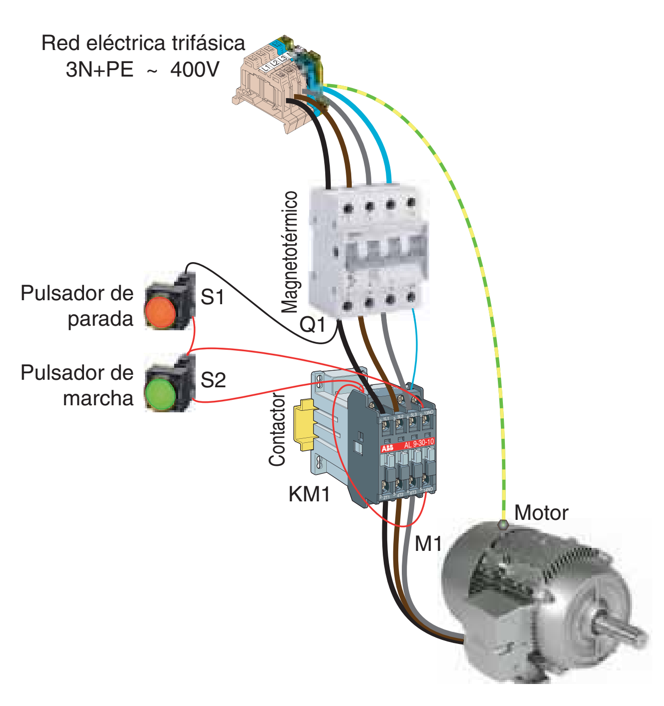


↑ **Figura 6.17.** Botonera marcha-paro (SIEMENS AG).



↑ **Figura 6.16.** Uso de la realimentación.

Así, utilizando el esquema de fuerza de la figura 6.6 y el de mando de la figura anterior, el cableado del circuito para el arranque de un motor trifásico mediante pulsadores de marcha y paro es el siguiente:

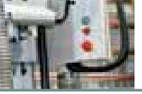


→ **Figura 6.18.** Arranque de un motor trifásico, a través de un contactor, mediante pulsadores de marcha y paro.

4. Arranque de motores trifásicos de corriente alterna

El motor eléctrico es posiblemente el dispositivo de potencia más utilizado en la industria. Por este motivo, muchos de los automatismos industriales están destinados al arranque y control de motores.

En esta unidad estudiarás el arranque de motores trifásicos de corriente alterna con rotor en cortocircuito, reservándose para la próxima unidad otro tipo de motores, tanto de alterna como de continua.



4.1. El relé térmico

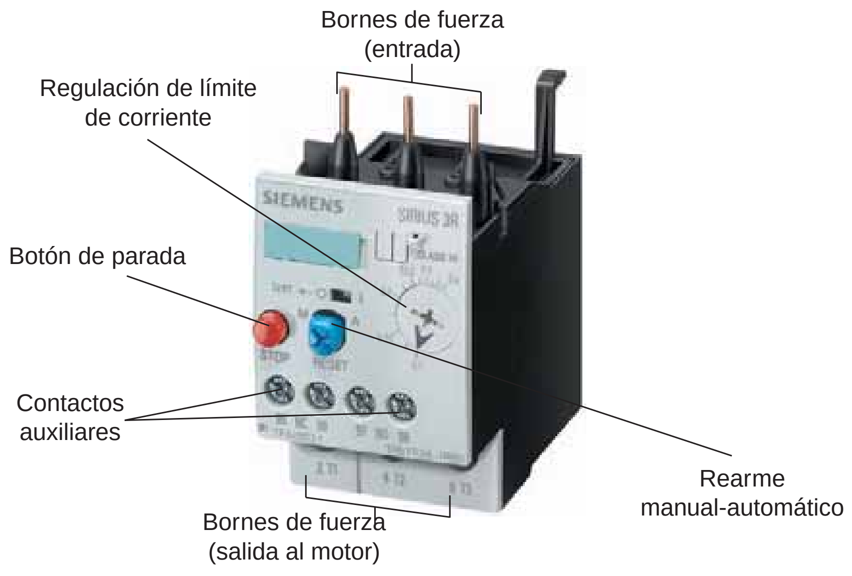
El relé térmico es un dispositivo de protección utilizado en circuitos de automatismos, destinados al arranque de motores. Con él se **protege el motor contra sobrecargas y fallos debidos a la falta de una fase**. Por tanto, siempre que se realice un circuito para el arranque de un motor, es necesario utilizar un relé térmico.

El relé térmico se conecta al circuito de fuerza, mediante seis bornes destinados a tal fin, y al circuito de mando, mediante un conjunto de contactos auxiliares.

La parte de fuerza del relé térmico es la encargada de detectar la sobrecarga. Los contactos auxiliares se utilizan para la desconexión del circuito de mando del contactor que gestiona el motor y para señalizar el disparo.

caso práctico inicial

Los circuitos de automatismos destinados al arranque de las máquinas de la serrería deben disponer de relés térmicos para la protección de motores.

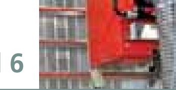


↑ **Figura 6.19.** Partes del relé térmico (SIEMENS AG).

En los relés de baja potencia, los bornes de entrada se suelen presentar en forma de varillas o pletinas de cobre para insertar directamente en el contactor.

Así, los símbolos utilizados para representar el relé térmico en ambos esquemas son los siguientes:

Elemento	Símbolo	Identificador
Relé térmico para circuito de fuerza	1 3 5 / 2 4 6	F
Contacto auxiliar de relé térmico NC	95 / 96	F
Contactos auxiliares NO y NC de relé térmico	95 / 96 — 97 / 98	F
Contacto auxiliar conmutado de relé térmico	95 / 96 98	F



4.2. El relé térmico en los esquemas de automatismos



↑ **Figura 6.20.** Relé térmico (ABB).

La protección con el relé térmico, se representa en el esquema de fuerza entre el contactor y el motor. En el esquema de mando se representa lo más próximo a la fase representada en la parte superior y debajo del dispositivo de protección, si es que existe.

El contacto cerrado se pone en serie con el circuito que alimenta la bobina del contactor. El contacto abierto se conecta a un dispositivo de señalización (por ejemplo, una lámpara).

Si el relé térmico detecta sobrecarga o falta de una fase en el circuito de fuerza, el dispositivo de protección se dispara. En esta situación, el contacto auxiliar cerrado del relé térmico se abre, desconectando el circuito de alimentación de la bobina. Si esto ocurre, el contactor KM1 abre sus contactos en el circuito de fuerza y el motor se detiene. En el mismo suceso, el contacto abierto del relé térmico se cierra, alimentando la lámpara de señalización (H2), que se enciende indicando que el relé térmico se ha disparado.

Al circuito de mando

Relé térmico

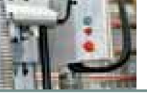
Esquema de fuerza

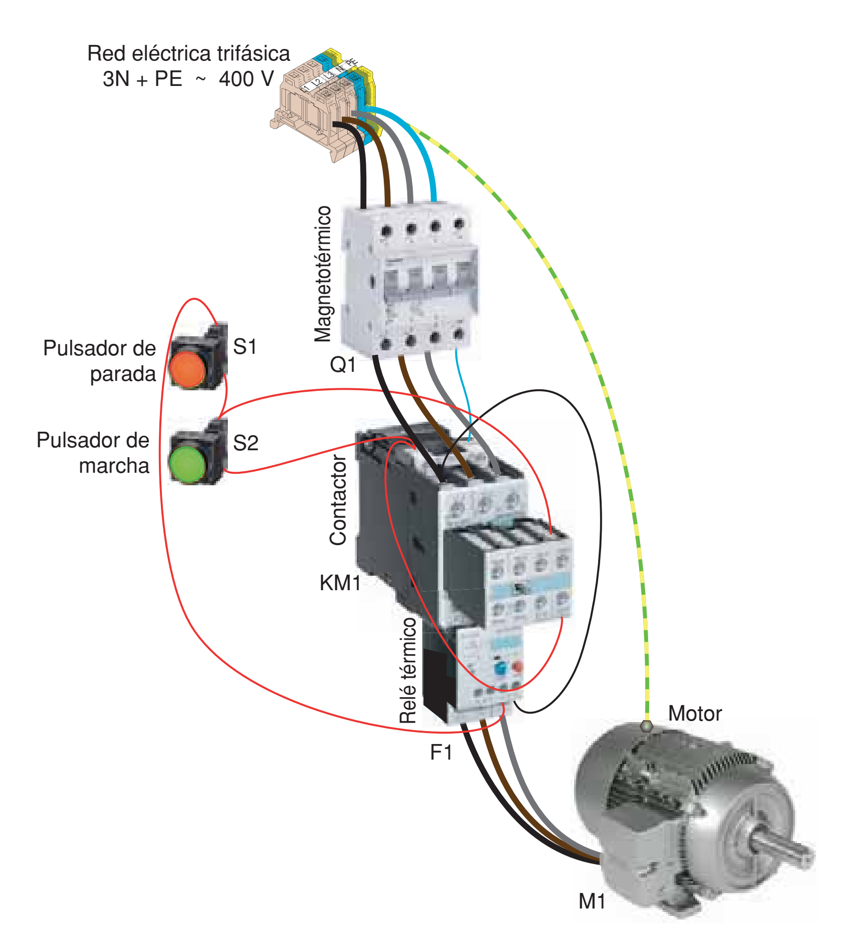
Contactos auxiliares del relé térmico

Lámpara de relé térmico

Esquema de mando

↑ **Figura 6.21.** Arranque de un motor trifásico con pulsadores de marcha y paro con protección por relé térmico.

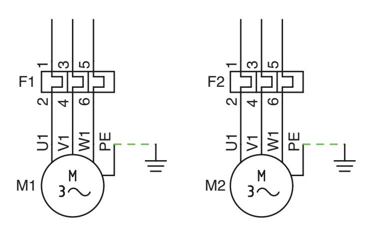




↑ **Figura 6.22.** Cableado del circuito sin lámparas de señalización.

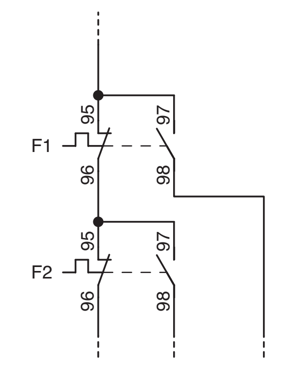
saber más

En circuitos con más de un motor, se debe dotar de un relé térmico a cada uno de ellos.



↑ **Figura 6.23.**

En el caso de que el funcionamiento de un motor esté condicionado al otro por el mismo circuito de mando, es recomendable conectar los contactos auxiliares cerrados de ambos relés en serie.



↑ **Figura 6.24.**

5. Reglas básicas para la obtención de circuitos eléctricos cableados

Estas cuatro reglas permiten obtener de una forma lógica y rápida los esquemas de los circuitos de automatismos cableados, para unas condiciones determinadas de funcionamiento.

5.1. Activar-poner en marcha

Siempre que se desee activar una bobina desde varios sensores de entrada, se conectan en paralelo entre ellos y el contacto de la realimentación.

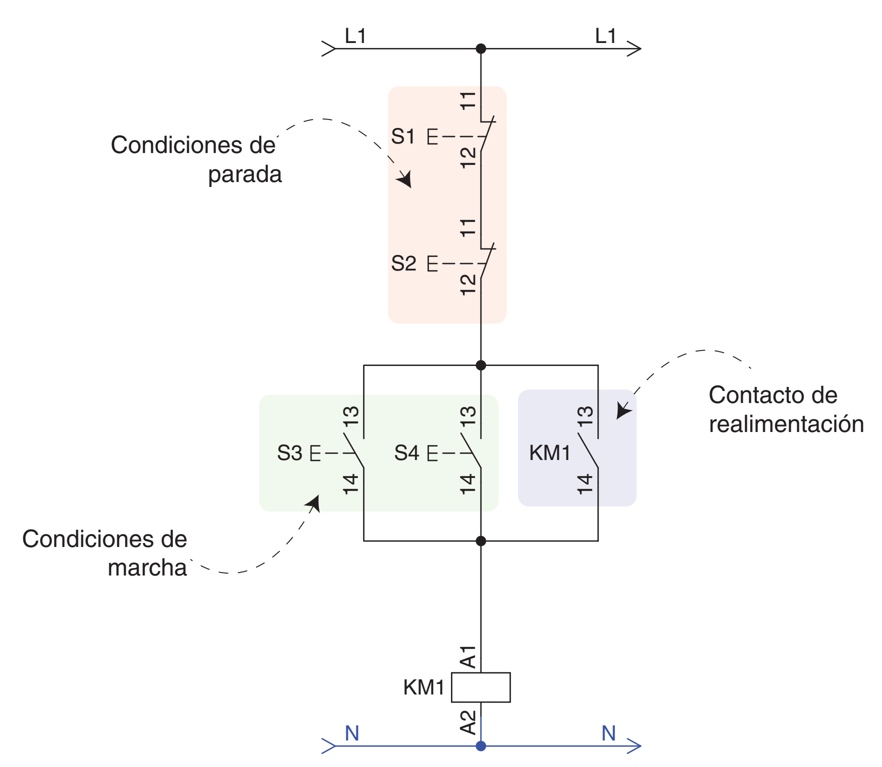
En el ejemplo de la figura 6.25 se muestra cómo el contactor KM1 se activa desde los pulsadores de marcha S3 y S4.

5.2. Desactivar-parar

Siempre que se desee desactivar una bobina desde varios sensores, se conectan en serie entre ellos y con el conjunto del bloque de la realimentación.

En el ejemplo de la figura 6.25 se muestra como la red que alimenta el contactor KM1 se desactiva desde los pulsadores S1 y S2.





↑ **Figura 6.25.** Reglas para la activación y desactivación de un contactor desde varios puntos.

5.3. Condición a la activación de otro contactor

Si se desea que un contactor no se active hasta que otro no lo haya hecho, se conecta un contacto abierto de este último en serie con la rama que alimenta la bobina del primero.

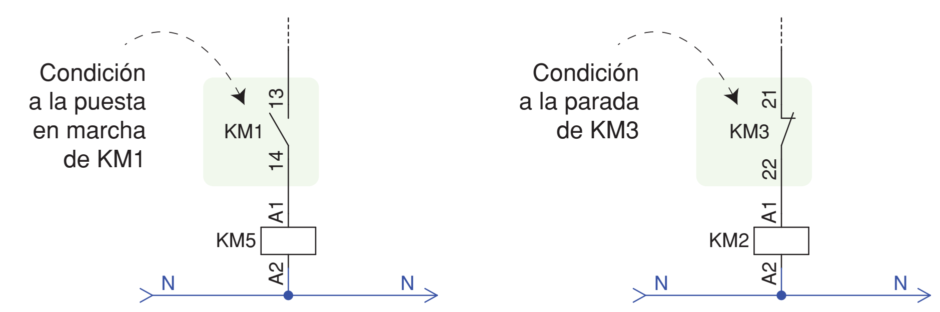
En el ejemplo de la figura 6.26, el contactor KM5 no se activará nunca si KM1 no lo ha hecho previamente.

5.4. Condición a la desactivación de otro contactor

Si se desea que un contactor no se active si lo está otro, se inserta un contacto cerrado en serie del segundo contactor en la rama que alimenta el primero.

En el ejemplo de la figura 6.27, el contactor KM2 se activará siempre que KM3 no esté activado. Si este último lo está, se interrumpe el paso de corriente a la bobina del contactor KM2.

A esta conexión se le denomina habitualmente **enclavamiento**.



↑ **Figura 6.26.** Condición a la activación.

↑ **Figura 6.27.** Condición a la desactivación.

EJEMPLOS

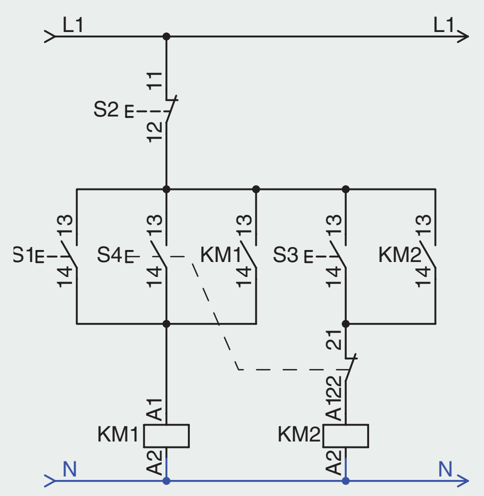
- Se desea realizar un circuito con dos contactores (KM1 y KM2) y cuatro pulsadores (S1, S2, S3 y S4), que funcione de la siguiente manera:

  a) KM1 se activa desde S1 o desde S4 y se desactiva desde S2.
  b) KM2 se activa desde S3 y se desactiva desde S2 o desde S4.

Solución:

Puedes comprobar que S2 desactiva ambas bobinas. Como solamente existe un pulsador, debes utilizarlo como elemento de parada general.

Se puede observar que S4 hace dos cosas bien diferentes en el circuito. Por un lado activa KM1 y por otro desactiva KM2. En este caso debes utilizar un pulsador que tenga dos contactos, uno abierto para la primera condición y otro cerrado para la segunda.



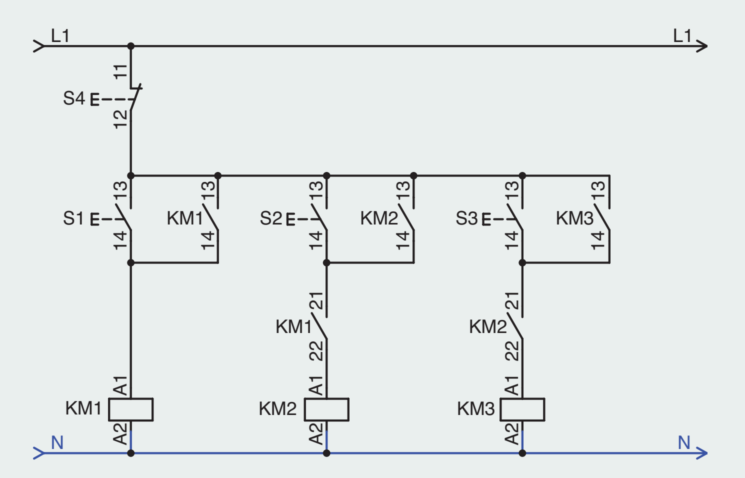
↑ **Figura 6.29.** Solución aplicando las reglas básicas.

- Se desea realizar un circuito con tres contactores (KM1, KM2 y KM3) y cuatro pulsadores (S1, S2, S3 y S4), cuyo funcionamiento debe ser:

  a) KM1 se activa con S1, KM2 con S2 y KM3 con S3.
  b) Todos los contactores se desactivan con S4.
  c) KM3 no se activa si no está previamente conectado KM2 y este no lo hace si previamente no lo está KM1. La activación de los tres contactores debe hacerse en «cascada» siguiendo el orden KM1-KM2-KM3.

Solución:

Igual que en el ejemplo anterior, existe un pulsador que desactiva los tres contactores. Este debe considerase como un dispositivo de parada general y se representa solamente una vez en el esquema, en la parte que interrumpe el paso de corriente a las diferentes ramas del circuitos.

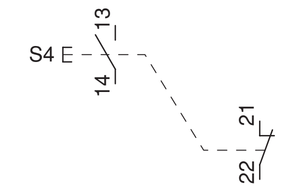


↑ **Figura 6.30.** Esquema aplicando las reglas básicas.

saber más

En los esquemas de automatismos, siempre que aparece representada una línea a trazos, indica que dos elementos de un mismo esquema están unidos mecánicamente y actúan a la vez.

Es importante que tengas en cuenta que esta unión no se debe interpretar **nunca** como una conexión eléctrica.



↑ **Figura 6.28.**

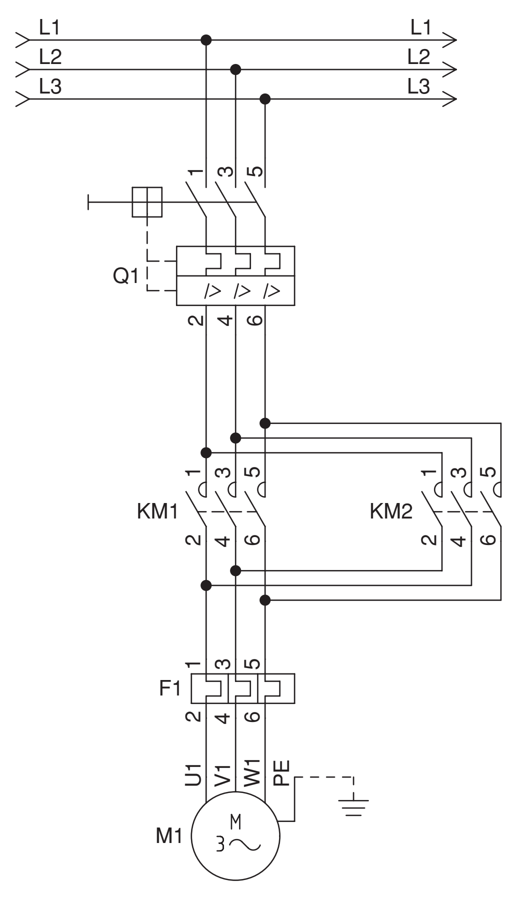
6. Inversión del sentido de giro de motores trifásicos con contactores

Ya sabes por la unidad 3, que para invertir el sentido de giro de un motor trifásico, se deben permutar dos de las fases que lo alimentan.



→ **Figura 6.31.** Cambio del sentido de giro de un motor trifásico.

Esta maniobra, muy utilizada en ambiente industrial, **se puede realizar con un conmutador trifásico inversor de potencia o a través de un automatismo basado en dos contactores.** En este caso, en el circuito de fuerza, uno de los contactores aplica las fases en los bornes del motor con un orden determinado, por ejemplo: L1-L2 y L3, el otro hace lo mismo, pero permutando dos de ellas, por ejemplo, **L2-L1**-L3. Así, cuando la alimentación trifásica que llega al motor se recibe por un contactor, el motor gira en un sentido, y si lo hace por el otro, gira en sentido contrario.



↑ **Figura 6.32.** Esquema de fuerza para la inversión del sentido de giro de un motor trifásico mediante contactores.

En ningún caso se pueden activar dos contactores a la vez, ya que se produciría un cortocircuito. Esto se puede evitar:

- Utilizando un conjunto de dos contactores que disponga de enclavamiento mecánico.
- Diseñando el circuito de mando de tal forma que si un contactor está activado, el otro no pueda hacerlo y viceversa.

En el primer caso, los fabricantes de material eléctrico disponen de conjuntos de contactores con el enclavamiento mecánico ya montado, o con un sistema de ensamblado rápido, que evita que los dos contactores puedan «entrar» a la vez.



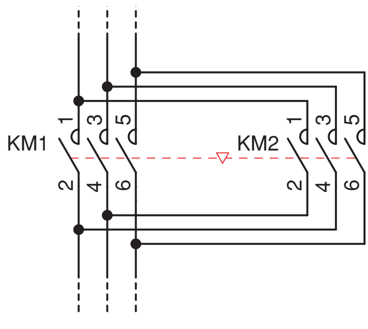




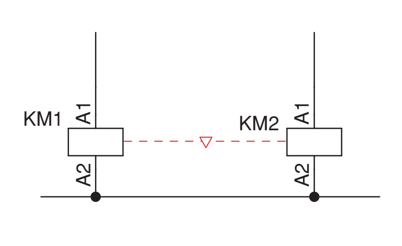
← **Figura 6.33.** Diferentes conjuntos de contactores con enclavamiento mecánico para realizar la inversión del sentido de giro en motores trifásicos.

A estos equipos se les dota también de un conjunto de puentes, con el cambio de fases precableado, que facilita la conexión al circuito de fuerza en el que van montados.

La unión de dos contactores con enclavamiento mecánico, se representa de la siguiente forma:



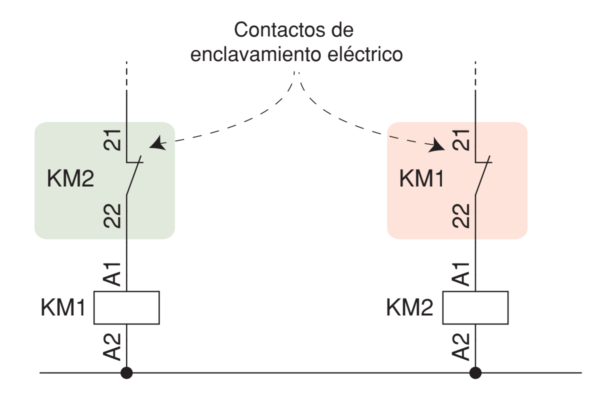
En el esquema de fuerza



En el esquema de mando

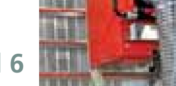
← **Figura 6.34.** Representación de enclavamiento mecánico entre dos contactores.

En el segundo caso, en el circuito de mando es necesario insertar en serie un contacto cerrado de uno de los contactores, en la rama que alimenta la bobina del contrario y viceversa. Esta configuración, permite realizar un enclavamiento eléctrico, que evita que un contactor pueda activarse si el otro sigue funcionando.



→ **Figura 6.35.** Enclavamiento eléctrico.

Los dos sistemas son compatibles entre sí y se pueden utilizar en un mismo circuito.



Circuitos de mando utilizado para invertir el sentido de giro de motores trifásicos

Mediante conmutador rotativo de tres posiciones

La conmutación para que el motor gire a izquierdas o a derechas se realiza mediante un conmutador rotativo de tres posiciones.

En la posición central el motor está parado, ya que no se alimenta ninguna de las bobinas de los contactores. En las posiciones I y II se activan las bobinas de los contactores KM1 y KM2 respectivamente, haciendo que los contactores del circuito de fuerza alimenten el motor para que gire en un sentido u otro (figura 6.36).

Por el propio diseño del conmutador, es imposible que un contactor se active a la vez que el otro. Aun así, se hace aconsejable el uso de enclavamiento eléctrico o mecánico en el circuito.

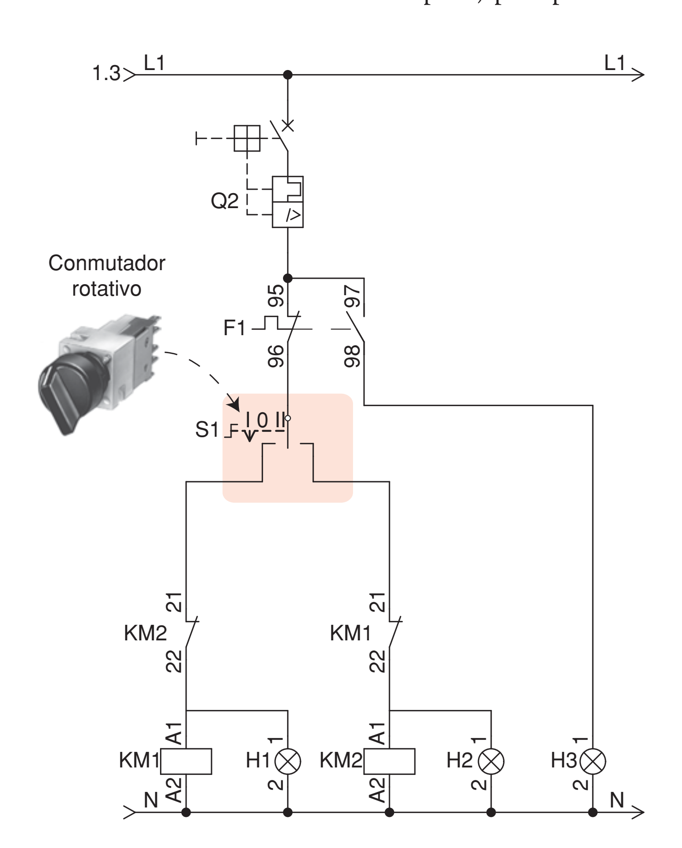
Mediante pulsadores pasando por paro

En este circuito se utilizan dos pulsadores de marcha, uno para cada sentido de giro, y un solo pulsador de parada (figura 6.37).

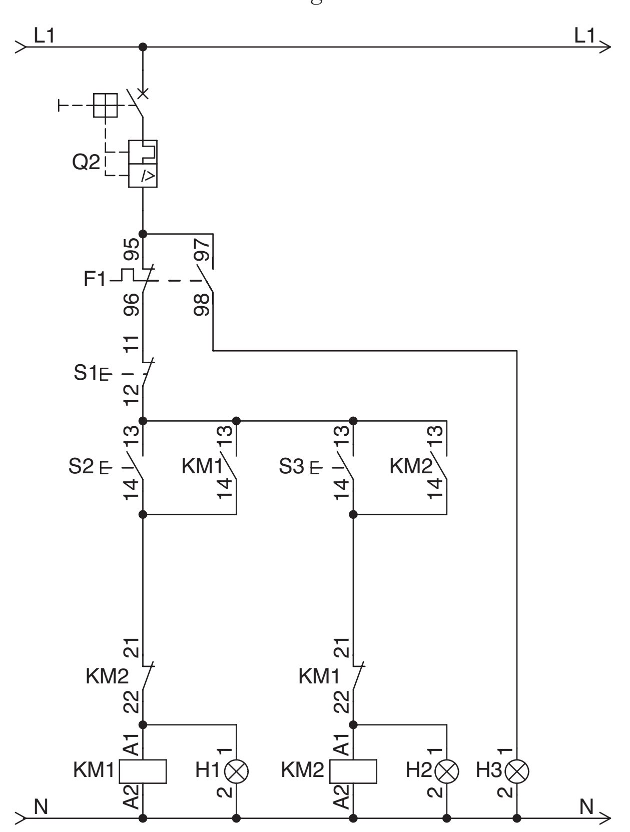
Cada vez que se acciona un pulsador de marcha, se activa el contactor correspondiente, realimentándose a través de un contacto propio normalmente abierto.

Como sistema de protección, es necesario el uso de enclavamiento eléctrico, para evitar que se active un contactor mientras esté en funcionamiento el otro.

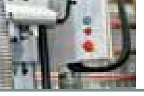
En este circuito es necesario activar previamente el pulsador de paro (pasar por paro) para poder realizar la inversión del sentido de giro.



↑ **Figura 6.36.** Esquema de mando: inversión del sentido de giro mediante conmutador rotativo de tres posiciones.



↑ **Figura 6.37.** Esquema de mando: inversión del sentido de giro mediante pulsadores pasando por paro.

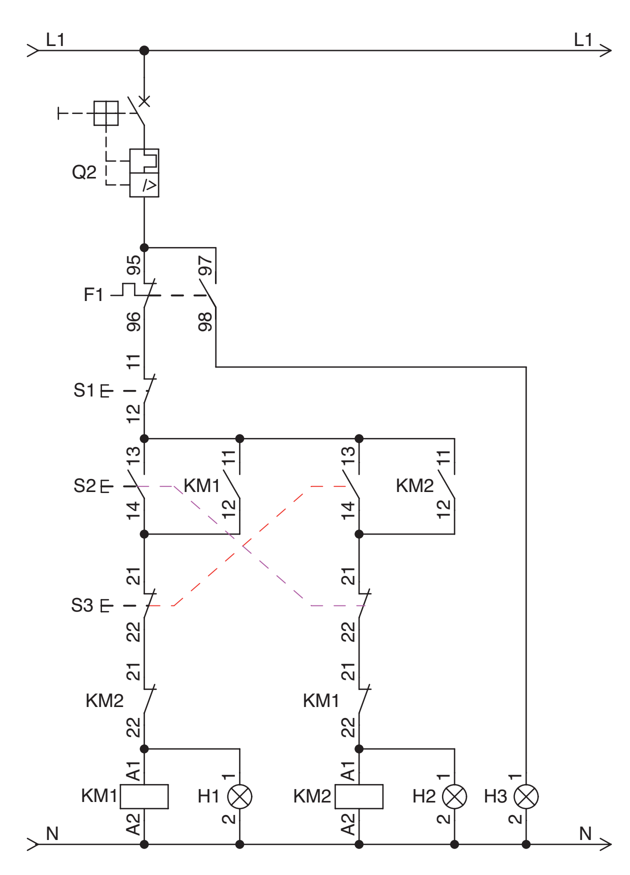


Mediante pulsadores sin pasar por paro

Esta es una variante del circuito anterior. En lo básico funcionan de la misma manera. La gran diferencia se encuentra en utilizar para la puesta en marcha, pulsadores de doble cámara de contactos (uno NO y otro NC).

El contacto NO (normalmente abierto) de estos pulsadores, se utiliza para activar la bobina del contactor de forma similar a lo visto en el circuito de mando anterior. Sin embargo, el contacto NC (normalmente cerrado), se encarga de desactivar la bobina del contactor contrario.

Como en un pulsador de doble cámara, los contactos cerrados se abren antes de que se cierran los abiertos, se garantiza que la activación de un contactor se realiza cuando el otro está desactivado.



↑ **Figura 6.38.** Esquema de mando: inversión del sentido de giro mediante pulsadores pasando por paro.

saber más

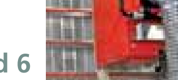
Como la inversión del sentido de giro se realiza de forma casi instantánea, este circuito solamente se utiliza para motores de baja potencia, ya que la propia inercia del rotor podría producir daños en el sistema mecánico de la máquina, al invertir el sentido giro bruscamente.

EJEMPLO

Uso de un circuito inversor del sentido de giro

Un motor trifásico mueve una grúa sobre un raíl horizontal de izquierdas a derechas. Para detectar los extremos del recorrido, se han instalado sendos interruptores de posición, tipo final de carrera. El control del motor se hace mediante pulsadores, siendo necesario pasar por paro para realizar la inversión del sentido de giro.

Cada vez que el motor llega a los límites del recorrido, se acciona el interruptor de posición correspondiente, parando el motor. En esta situación, el motor solamente puede ponerse en marcha en sentido contrario.



Representar el esquema de mando de inversión del sentido de giro con parada mediante finales de carrera.

Solución:

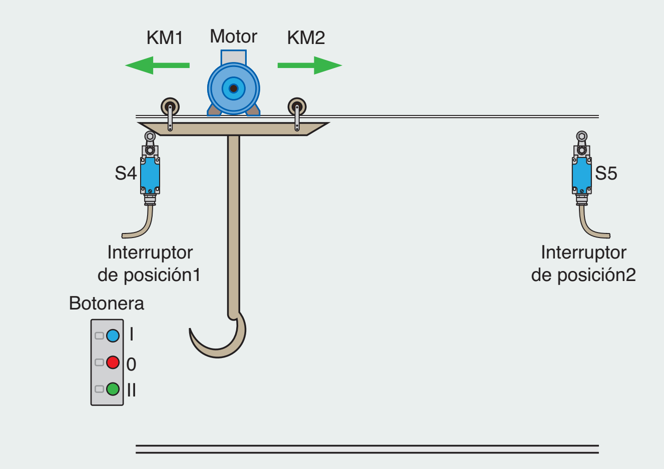


Figura 6.39. Aplicación de un sistema de inversión del sentido de giro de un motor trifásico.

El circuito de fuerza es el visto anteriormente. El circuito de mando es el siguiente:

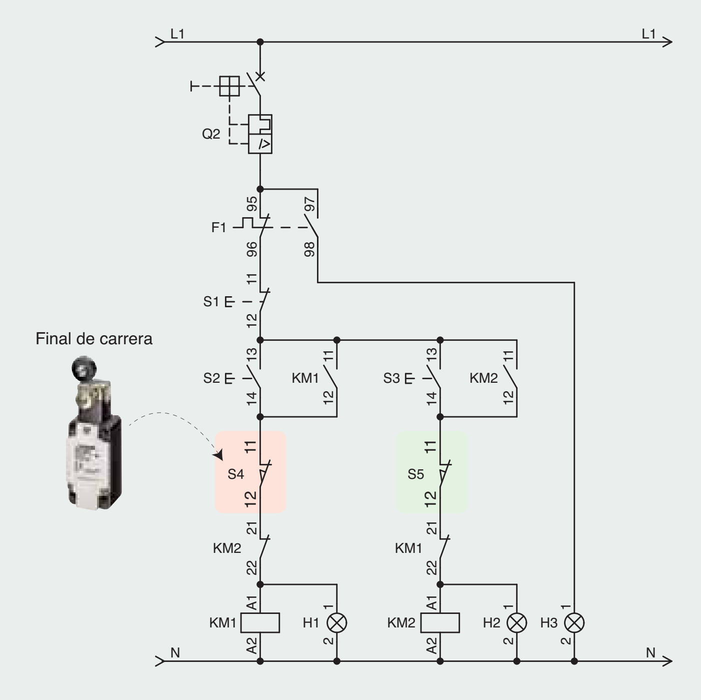


Figura 6.40. Esquema de mando de inversor del sentido de giro con parada mediante finales de carrera.

ACTIVIDADES

1. Monta sobre el panel de pruebas el circuito para la inversión del sentido de giro de un motor trifásico, mediante pulsadores. El cambio de sentido de giro debe realizarse pasando previamente por paro. Los esquemas de mando y fuerza son los vistos en esta unidad en las figuras 6.32 y 6.37.
2. Sobre el circuito de la actividad anterior, realiza las adaptaciones necesarias para invertir el sentido de giro sin necesidad de pasar previamente por el puslador de parado. Los esquemas de mando y fuerza son los vistos en esta unidad en las figuras 6.32 y 6.38.

7. Uso del temporizador en circuitos de mando

En los automatismos industriales es habitual realizar tareas de conexión y desconexión después de un intervalo de tiempo. Esta tarea está destinada al dispositivo denominado **temporizador** o **relé de tiempo.**

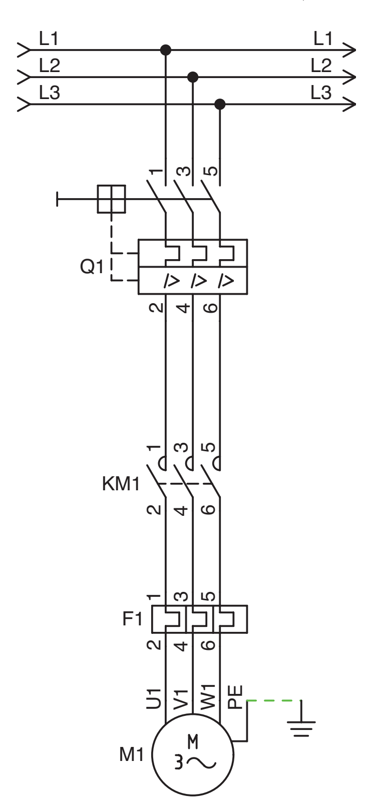
Aquí se muestra como utilizar de forma básica un temporizador a la conexión para parar un motor después de un intervalo de tiempo.

En la próxima unidad podrás practicar tareas más específicas del uso de temporizadores en el arranque de motores.

Arranque temporizado de un motor

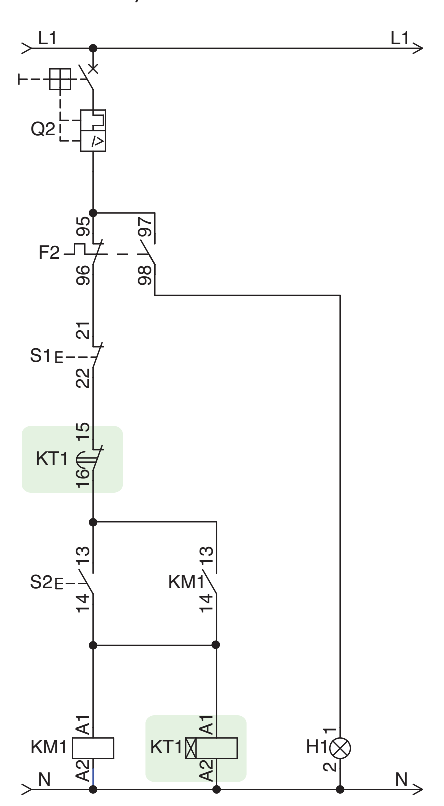
El motor M1 arranca y se para de forma manual mediante los pulsadores S2 y S1 respectivamente.

La bobina del temporizador KT1 se conecta en paralelo a la bobina de KM1. Por tanto, cada vez que este contador se activa, KT1 temporiza. Cuando transcurre el tiempo programado, el contacto cerrado de KT1 se abre, interrumpiendo la alimentación de la bobina KM1, desactivando dicho contactor y a su vez el motor M1.





↑ **Figura 6.41.** Esquema de fuerza.



↑ **Figura 6.42.** Esquema de mando.

ACTIVIDADES

3. Monta y prueba el circuito visto al final de esta unidad para el arranque temporizado de un motor.



ACTIVIDADES FINALES

- 1. Realizar la actividad propuesta en la Práctica Profesional 1 de esta unidad. ¿Crees el uso de pulsadores tiene alguna ventaja sobre el uso de un interruptor para activar la bobina del contactor?

- 2. Basándote en el circuito de la actividad 1, realiza el esquema de mando necesario para arrancar el motor desde dos pulsadores de marcha y parar desde dos de paro. Coloca una segunda botonera con los dos nuevos pulsadores en el lado izquierdo del panel de pruebas, realiza el cableado y prueba su funcionamiento.

- 3. Basándote en el montaje de la actividad 1, dibuja los esquemas de fuerza y mando, y monta en el panel de pruebas el circuito necesario para el arranque de dos motores trifásicos con pulsadores de marcha y paro que cumpla la siguientes condiciones:

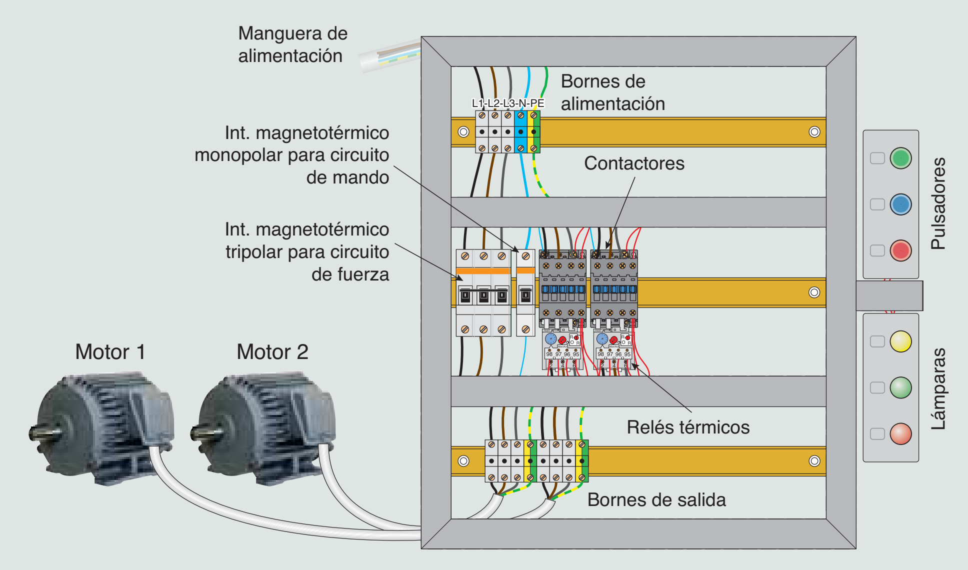
  a) El Motor M1 arranca con S1 y M2 con S2.

  b) Ambos motores se paran con el mismo pulsador de parada S3.

  c) Si se dispara el relé térmico de uno de ellos, el otro motor también se para.

  d) El funcionamiento de ambos motores debe señalizarse con sendas lámparas.

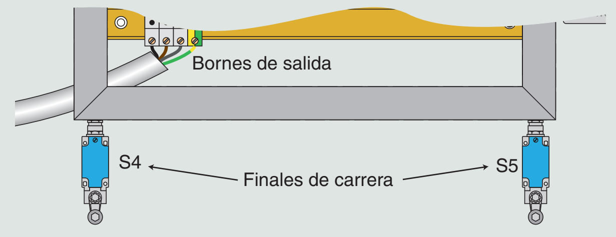
  e) El disparo de cualquiera de los relés debe señalizarse con una sola lámpara.



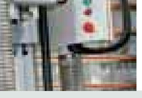
↑ **Figura 6.43.** Situación de los elementos en el panel de pruebas.

- 4. Realiza la actividad propuesta en la Práctica Profesional 2 de esta unidad.

- 5. Monta el circuito para controlar el puente grúa de la figura 6.39 de esta unidad. Coloca los finales de carrera sobre el panel de pruebas debajo de la canaleta inferior horizontal. Deja espacio entre ellos para simular el recorrido del carro-motor. El esquema de mando es el de la figura 6.44.



↑ **Figura 6.44.** Ubicación de los finales de carrera en el panel de pruebas.



■ 6. En la actividad anterior, sustituye los finales de carrera por detectores de proximidad inductivos. Las características de este circuito son:

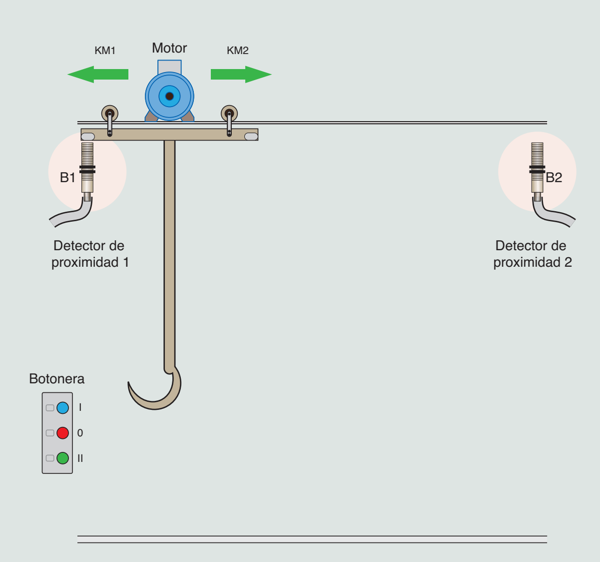
a) Los detectores de proximidad son de tipo inductivo PNP con alimentación a 24 Vcc.

b) Los detectores actúan sobre relés o contactores auxiliares con bobinas a 24 Vcc.

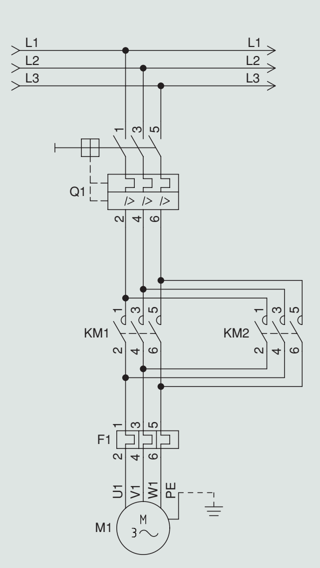
c) Para la alimentación del conjunto detector-relé, se utiliza una fuente de alimentación de 24 Vcc.

d) Los contactores que invierten el sentido de giro del motor trifásico tienen bobinas de 230 Vca.

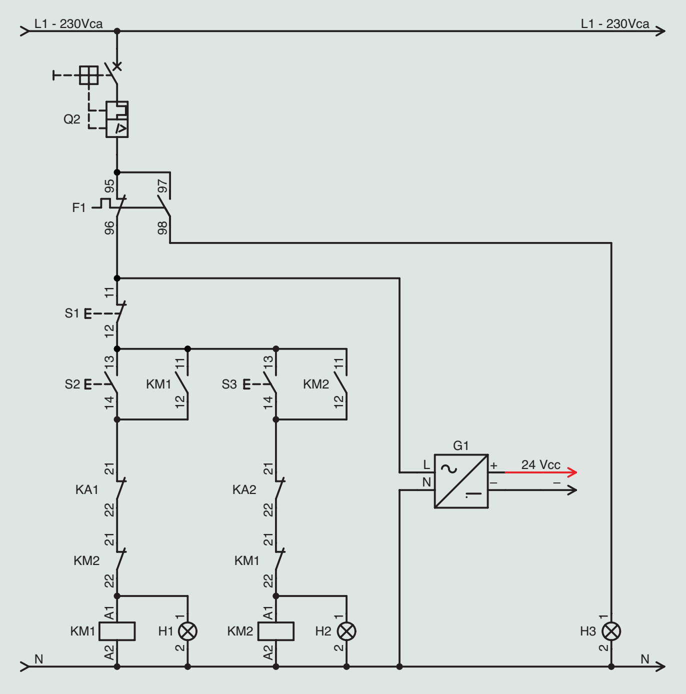
e) El funcionamiento es el mismo que el de la actividad anterior.



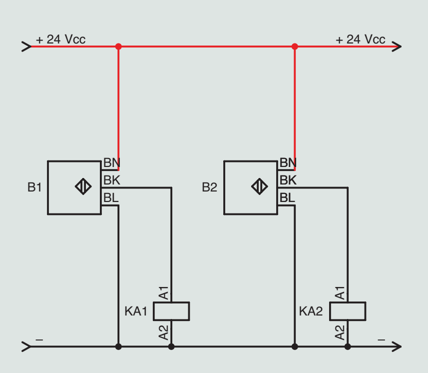
↑ **Figura 6.45.** Puente-grúa con detectores de proximidad inductivos.



↑ **Figura 6.46.** Esquema de fuerza.



↑ **Figura 6.47.** Esquema de mando.



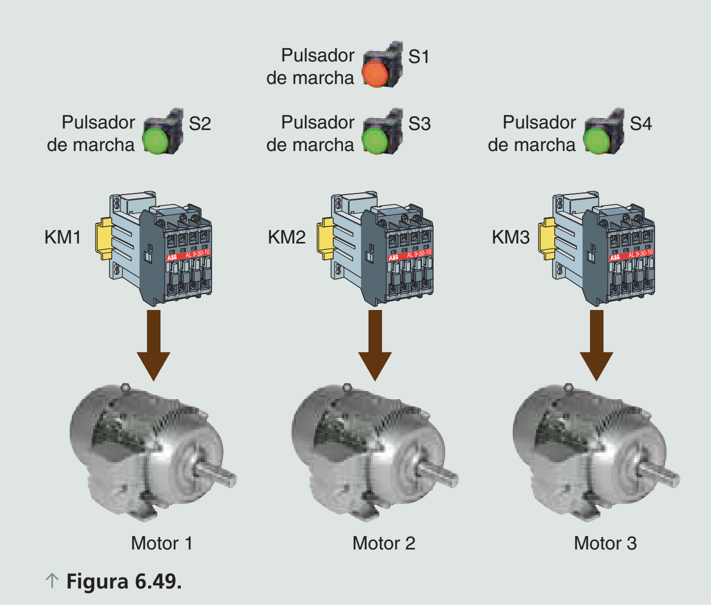
↑ **Figura 6.48.** Conexión de sensores.



ACTIVIDADES FINALES

7. Realiza un circuito para el arranque de tres motores (M1, M2 y M3) mediante pulsadores (S1, S2, S3 ,S4), cuyo funcionamiento es el siguiente:
   - M1 se activa con S1, M2 con S2 y M3 con S3.
   - Todos los motores se paran con S4.
   - Se debe cumplir que M3 no arranque si no está funcionando M2 y este no lo haga si previamente no lo está M1. Es decir, la activación de los tres motores debe hacerse en «cascada» siguiendo el orden de funcionamiento M1-M2-M3.
   - Cada motor debe estar protegido por su propio relé térmico.
   - La protección magnetotérmica en el circuito de fuerza es única para todos los motores.
   - Si se dispara alguno de los relés térmicos, paran todos los motores y se enciende una lámpara.

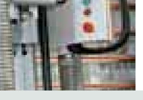
   Se pide:
   a. Dibujar los esquemas de fuerza y mando.
   b. Elaborar una lista de los materiales necesarios para realizar el montaje.
   c. Montar y probar el circuito en el panel de pruebas.



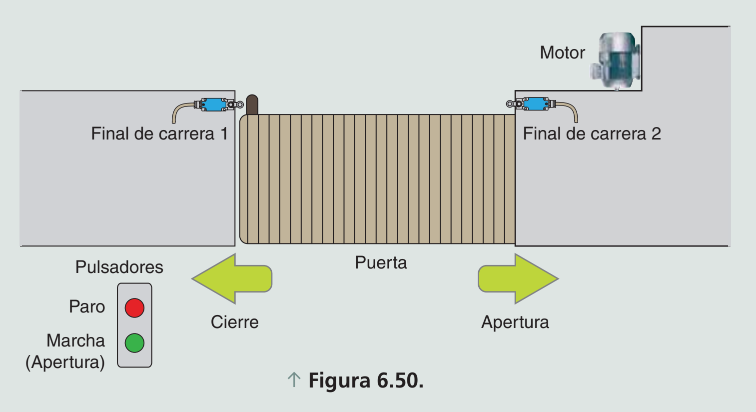
↑ **Figura 6.49.**

8. Realiza un circuito para el arranque temporizado de tres motores (M1, M2 y M3).
   - El proceso se inicia con el pulsador de marcha S1, que acciona de forma instantánea el primer motor M1.
   - Después de 5 segundos, arranca el motor M2
   - Y después de otros 5 segundos, arranca el tercer motor M3
   - El proceso se puede detener en cualquier momento mediante el pulsador de parada S2.
   - El circuito de fuerza es el mismo que el de la actividad anterior.
   - Si se dispara alguno de los relés térmicos, paran todos los motores y se enciende una lámpara.

   Se pide:
   a. Dibujar el esquema de mando.
   b. Elaborar una lista de los materiales necesarios para realizar el montaje.
   c. Montar y probar el circuito en el panel de pruebas.



■ 9. Se desea automatizar el mecanismo de una puerta eléctrica. La apertura y cierre se realiza mediante un motor trifásico, controlado por un sistema de inversión de giro basado en contactores. Al accionar el pulsador de marcha, la puerta se abre hasta que se acciona el final de carrera 2. En esa situación debe permanecer 10 segundos, hasta que comienza el proceso de cierre. Cuando la puerta ha cerrado completamente, se acciona el final de carrera 1 y se detiene la secuencia.



↑ **Figura 6.50.**

Si cuando la puerta está cerrando, alguien acciona el pulsador de marcha, se abre de nuevo repitiendo el proceso descrito anteriormente.

Se ha dispuesto de un pulsador de parada o seta de emergencia para detener el sistema en cualquier momento.

Se pide:

a. El esquema de fuerza y mando.

b. Lista de los materiales necesarios para el montaje.

c. Montar y probar el circuito sobre el panel de entrenamiento.

■ 10. En el circuito de la puerta automática, sustituye el pulsador de marcha por un detector fotoeléctrico de barrera o tipo réflex. Este debe tener la misma función que el pulsador en el circuito.

Se pide:

a. El esquema de mando.

b. Montar y probar el circuito sobre el panel de pruebas.

■ 11. En una finca se ha instalado un depósito provisional de material de plástico. Se desea llenar dicho depósito, mediante una bomba trifásica sumergible, desde una corriente subterránea de agua. Para controlar el nivel (llenado o vaciado), se han instalado dos detectores capacitivos en sus paredes. Uno para controlar el máximo y otro para el mínimo, el primero se encarga de parar la bomba para evitar que el agua no rebose. El segundo detecta cuándo el depósito está a punto de vaciarse y pone en marcha la bomba para comenzar nuevamente el llenado.

Se pide:

a. El esquema de fuerza y mando.

b. Lista de los materiales necesarios para el montaje.

c. Montar y probar el circuito sobre el panel de entrenamiento.

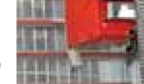


↑ **Figura 6.51.**

entra en internet

■ 12. Busca catálogos de diferentes fabricantes de contactores inversos con enclavamiento mecánico.

■ 13. Busca esquemas de automatismos representados con la simbología utilizada en EE. UU. ¿Qué diferencias encuentras con las aquí estudiadas?



PRÁCTICA PROFESIONAL 1

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista.

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas anteriores
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tripolar
- Un magnetotérmico monopolar
- Cable de línea de 1,5 mm^2
- Cable de línea de 2,5 mm^2
- Manguera de 5x 2,5 mm^2
- Dos botoneras de superficie para dos elementos.
- Dos pulsadores para cuadro. Uno NO de color verde y otro NC de color rojo
- Dos pilotos para cuadro (uno amarillo y otro rojo)
- Un contactor con bobina a 230 V
- Un relé térmico adecuado para la corriente nominal del motor
- Motor trifásico de 400 V y de menos de 1 kW de potencia

Arranque de un motor trifásico con pulsadores de marcha y paro

OBJETIVO

Realizar el montaje que resuelve el Caso Práctico planteado al principio de esta unidad.

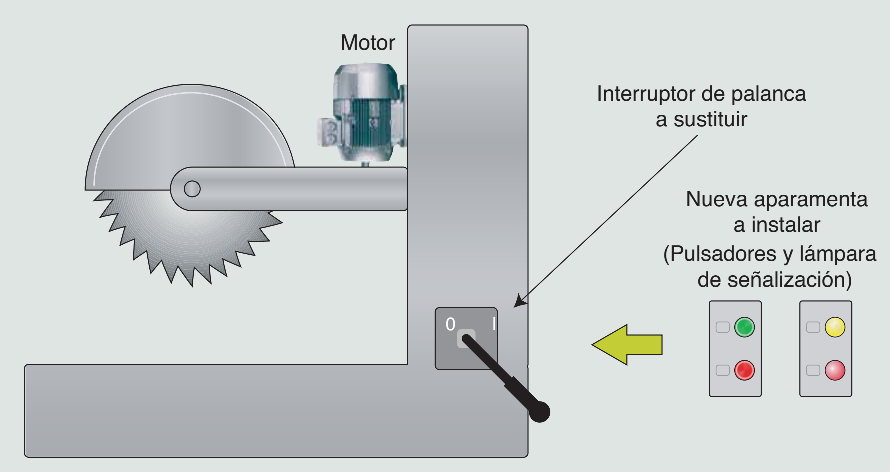
PRECAUCIONES

- No manipular las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- No toques el eje del motor cuando esté girando.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

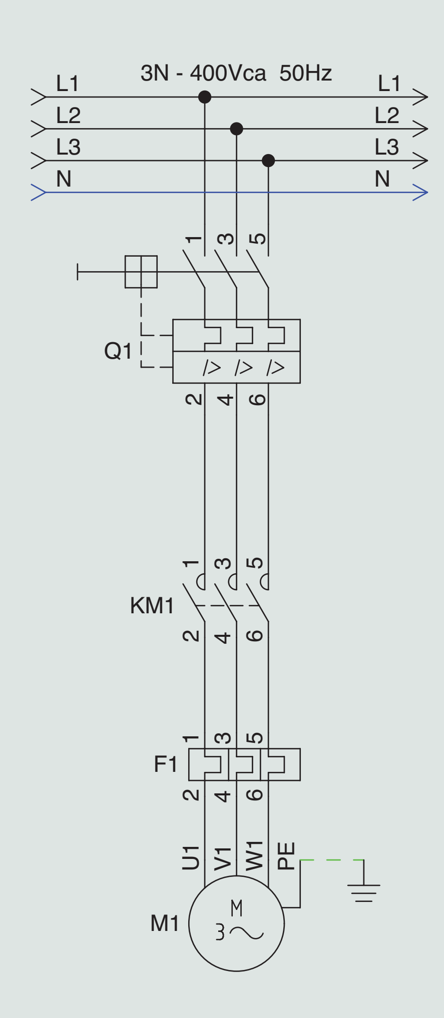
DESARROLLO

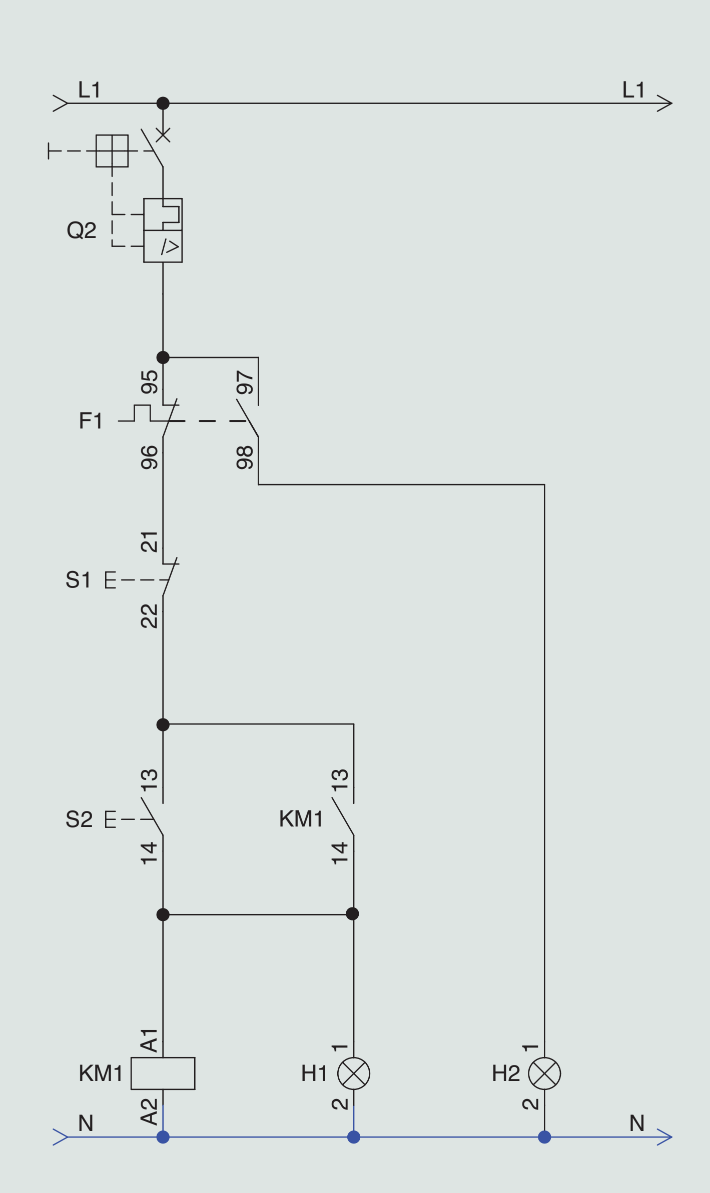
El circuito a montar, como solución al Caso Práctico Inicial, es el arranque de un motor trifásico con pulsadores de marcha y paro. El motor debe protegerse con un relé térmico y se debe señalizar su disparo. También se debe señalizar cuándo la máquina está en marcha.

1. Utilizando el panel de pruebas de otras actividades, retira todos los aparatos excepto los bornes de entrada y de salida.
2. Dibuja los esquemas de fuerza y mando.



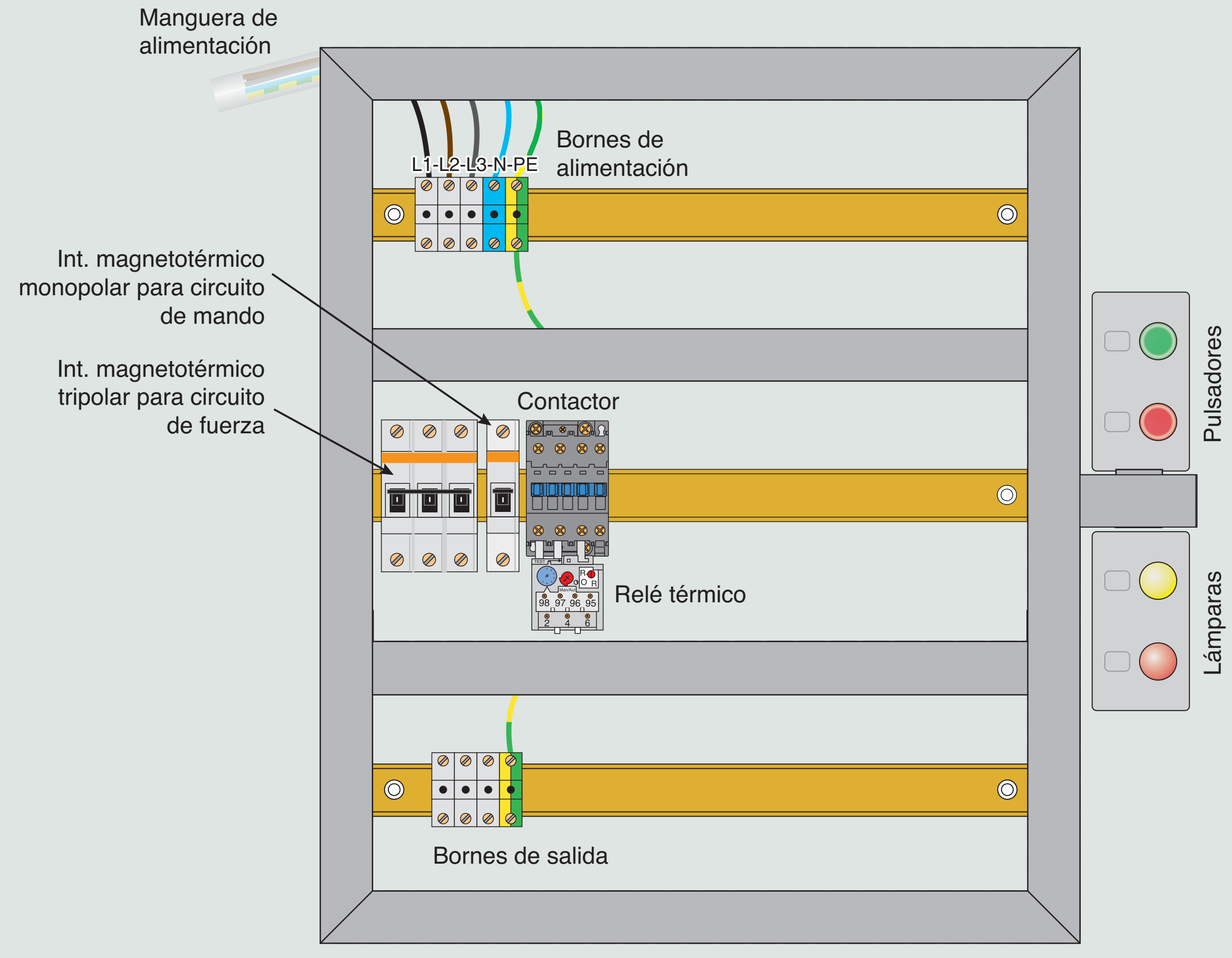
↑ **Figura 6.52.** Representación gráfica del objetivo del caso práctico inicial.





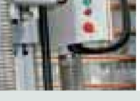
↑ **Figura 6.53.** Esquema de fuerza y mando.

3. Coloca el relé térmico en el contactor y comprueba que el conjunto se puede ubicar sin problemas de espacio en el raíl central. Si no es así, será necesario que desplaces ligeramente la canaleta que está debajo de este raíl.
4. Fija en el raíl central un magnetotérmico tripolar y a su lado uno monopolar.
5. Fija el conjunto contactor-relé térmico.
6. Fija en el lateral derecho del panel (o en otra ubicación que consideres adecuada) las bases para las botoneras en las que irán ubicados los pulsadores y las lámparas.



↑ **Figura 6.54.** Ubicación de la aparamenta sobre el panel de pruebas.

7. Con el hilo de 2,5 mm², realiza el cableado del circuito de fuerza.
8. Con el hilo de 1,5 mm², realiza el cableado de mando.
9. Conecta el motor a los tres bornes de salida y la carcasa al borne de toma de tierra. Asegúrate de que las chapas-puente de la caja de bornes están en la posición adecuada para la tensión de la red eléctrica de alimentación. Recuerda: triángulo-tensión más baja. Estrella-tensión más alta.
10. Tapa la canaleta.



↑ **Figura 6.55.** Cableado completo del panel de pruebas.

11. Pon el interruptor magnetotérmico en desconectado (Off).

12. Enchufa la manguera del motor a los bornes de salida. No olvides conectar el cable de toma de tierra.

13. Enchufa la manguera a la red de alimentación.

14. Acciona el interruptor magnetotérmico tripolar poniéndolo en conectado (On)

15. Acciona el interruptor magnetotérmico monopolar poniéndolo en conectado (On)

16. Acciona el pulsador de marcha (botón verde).

17. Comprueba que el motor arranca y se enciende la luz amarilla (H1).

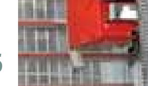
18. Acciona el pulsador de parada (botón rojo), comprueba que el motor se para y la luz amarilla (H1) se apaga.

19. Arranca de nuevo el motor mediante el pulsador de marcha.

20. Presiona el botón de test del relé térmico

21. Comprueba que el contactor se desactiva (y con el motor) y enciende la lámpara roja (H2).

22. Rearma el relé térmico y comprueba que el motor arranca nuevamente desde el pulsador de marcha.



PRÁCTICA PROFESIONAL 2

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas anteriores
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tripolar
- Un magnetotérmico monopolar
- Cable de línea de 1,5 mm^2
- Cable de línea de 2,5 mm^2 + 1 m de hiló rígido de la misma sección
- Manguera de 5 x 2,5 mm^2
- Una botonera de superficie para dos elementos
- Una botonera de superficie para tres elementos
- Un interruptor rotativo de tres posiciones (I-0-II)
- Tres pilotos para cuadro (Verde, amarillo y rojo)
- Dos contactores con bobina a 230 V o un conjunto inversor con enclavamiento mecánico
- Un relé térmico adecuado para la corriente nominal del motor
- Motor trifásico de 400 V y de menos de 1 kW de potencia

Inversión del sentido de giro de un motor trifásico mediante conmutador rotativo

OBJETIVO

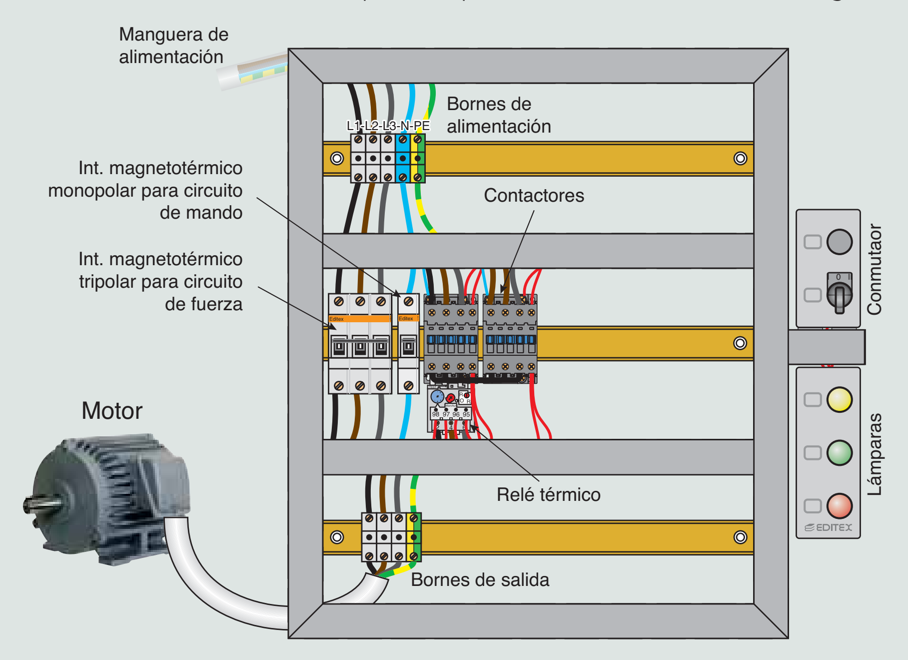
Realizar un automatismo que permita invertir el sentido de giro de un motor trifásico mediante contactores utilizando un conmutador rotativo de tres posiciones.

PRECAUCIONES

- No manipular las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación
- No toques el eje del motor cuando esté girando.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

DESARROLLO

1. Utilizando el panel de pruebas de otras actividades, retira todos los aparatos excepto los bornes de entrada y de salida.
2. Coloca los elementos en el panel de pruebas como se muestran en la figura:

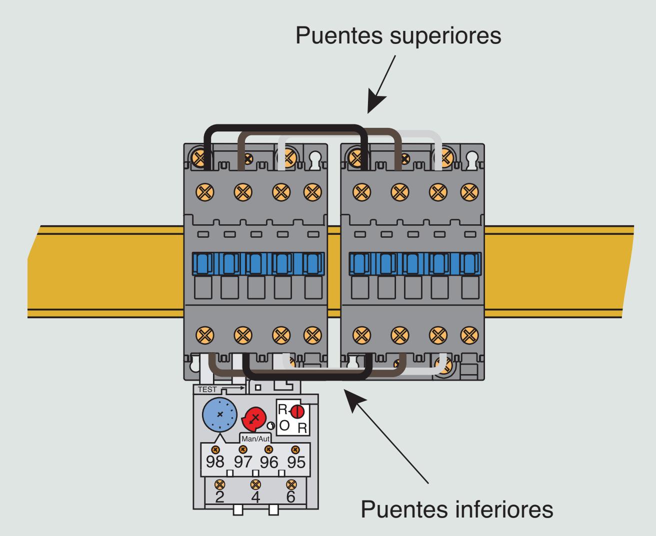


↑ **Figura 6.56.** Ubicación de elementos en el panel de pruebas.

3. Utiliza el esquema de fuerza para la inversión del sentido de giro de la figura 6.32 de esta unidad.

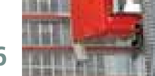
4. Haz lo mismo para el esquema de mando con la figura 6.36.
5. Realiza el cableado entre los contactos de fuerza de los dos contactores para la inversión del sentido de giro.

   Es aconsejable que realices el cableado de los puentes para la inversión, con hilo rígido de 2,5 mm^2, teniendo especial precaución en la parte inferior con la conexión entre el contactor y el relé térmico.



↑ **Figura 6.57.** Detalle de los puentes para el cableado del inversor.

6. Siguiendo los esquemas de fuerza y mando, completa el cableado de todo el circuito.
7. Pon los interruptores magnetotérmicos en desconectado (Off).
8. Enchufa la manguera del motor a los bornes de salida. No olvides conectar el cable de toma de tierra.
9. Asegúrate que el conmutador rotativo se encuentra en la posición central.
10. Enchufa la manguera a la red de alimentación.
11. Acciona el interruptor magnetotérmico tripolar poniéndolo en conectado (On).
12. Acciona el interruptor magnetotérmico monopolar poniéndolo en conectado (On).
13. Acciona sobre conmutador rotativo colocándolo en la posición I.
14. Comprueba que el motor arranca y gira en un sentido .
15. Comprueba se enciende la lámpara correspondiente a ese sentido de giro.
16. Acciona sobre conmutador rotativo colocándolo en la posición 0 y comprueba que el motor se para y las lámparas permanecen apagadas.
17. Pon el conmutador en la posición II y comprueba que el motor gira en sentido contrario y se enciende la lámpara correspondiente.
18. Estando el motor en marcha (en cualquier sentido de giro), presiona el botón de test del relé térmico.
19. Comprueba que el contactor correspondiente se desactiva, que se para el motor y se enciende la lámpara roja.
20. Rearma el relé térmico y comprueba que el motor arranca nuevamente en cualquiera de las posiciones de conmutador rotativo.



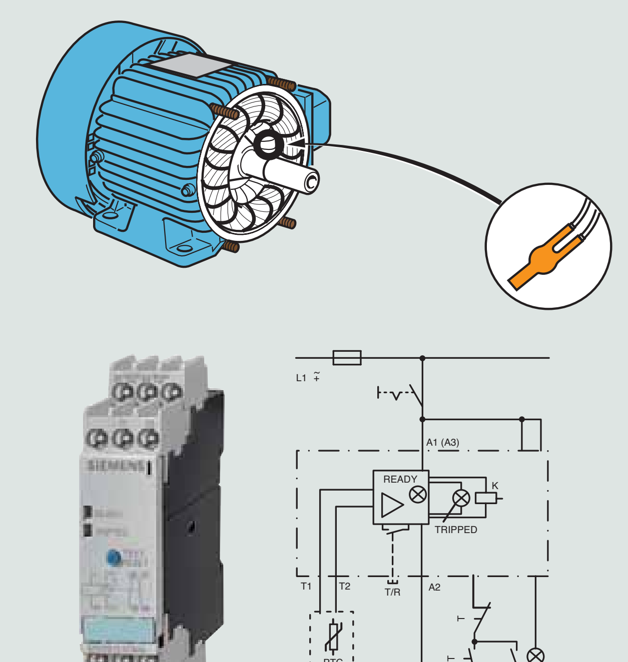
MUNDO TÉCNICO

Diversos tipos de detectores

En función de las condiciones del proceso existen en el mercado diversos tipos de detectores para poder controlar el funcionamiento de un automatismo. Todos ellos se conectan a una unidad externa de evaluación, que se alimenta de la red eléctrica y se encarga de disparar un relé cuando se produce el evento deseado en el sensor.

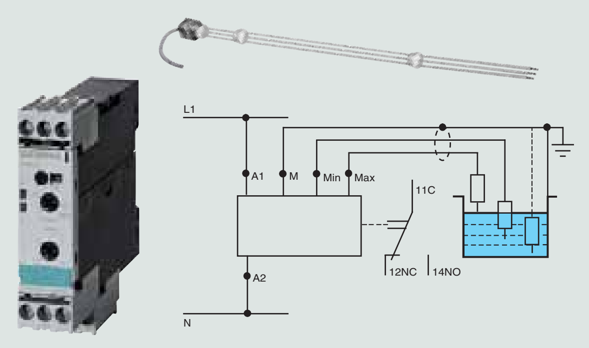
Se citan a continuación tres de los más importantes.

- **Relé de protección por termistor:** es un sistema de protección para motores por exceso de temperatura en los devanados. Para ello, en el momento de la fabricación del motor se introducen uno o varios termistores dentro de los devanados. Los termistores (PTC) son elementos que varían su resistencia de forma muy brusca en un pequeño margen de temperatura, pudiendo realizar prácticamente las funciones de un interruptor.



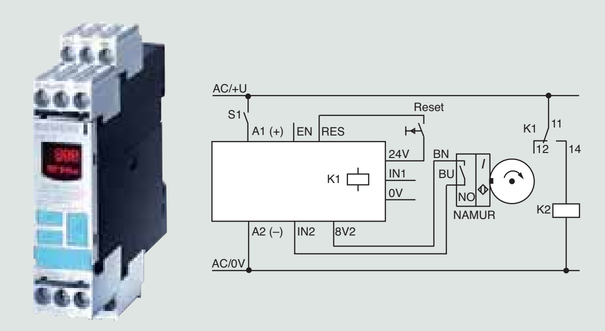
↑ **Figura 6.58.** Colocación de termistor, relé de protección y esquema de conexión (SIEMENS).

- **Relé para la vigilancia de nivel de llenado:** si se introducen tres sondas en el líquido en el que se desea controlar el nivel, como casi todos los líquidos son conductores, si el nivel llega a las sondas, el circuito se cierra a través de ella (contacto cerrado). Si por el contrario el líquido no llega a las sondas el circuito no se cierra (contacto abierto). Este tipo de relé proporcionan protección tanto contra desbordamiento como contra la marcha del motor en seco.

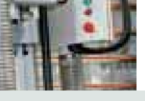


↑ **Figura 6.59.** Sondas de nivel, relé de protección y esquema de conexión (SIEMENS).

- **Relé de vigilancia de la velocidad de giro:** consiste en un sensor montado en el motor, que suministra un impulso cada vuelta. A partir de las vueltas y del tiempo es capaz de ofrecer una medida de velocidad. Sirve para comprobar que no se rebase ni por exceso (ausencia de carga) ni por defecto (demasiada carga) la velocidad de giro.



↑ **Figura 6.60.** Relé de protección y esquema de conexión (SIEMENS).



EN RESUMEN

- **REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES**
  - Simbología
    - Esquemas
      - Representación conjunta
      - Esquemas de mando y fuerza
        - Representación de protecciones en esquema de mando
        - Circuito de mando a tensiones reducidas
        - Señalización
- **REALIMENTACIÓN**
  - Reglas básicas para la obtención de circuitos
    - Arranque de motores trifásicos
      - Relé térmico
        - Inversión del sentido de giro de motores trifásicos con contactores
- Circuitos de aplicación

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. **Para proteger un motor ante la falta de una fase utilizaré un:**
   a) Un interruptor magnetotérmico.
   b) Un diferencial.
   c) Un relé térmico.
2. **Si en un esquema aparece un elemento referenciado con 1S5, ¿Qué significa cada uno de los caracteres?**
   - 1 ______________________________
   - S ______________________________
   - 5 ______________________________
3. **Para desactivar una bobina de un contactor mediante un pulsador de parada, éste debe tener un contacto normalmente __________ y debe conectarse en __________ al circuito que la alimenta.**
4. **El enclavamiento mecánico consiste en:**
   a) Activar dos contactores a la vez.
   b) Evitar que dos contactores funcionen a la vez.
   c) Realimentar la bobina de un contactor.
5. **El enclavamiento eléctrico se realiza utilizando un contacto normalmente ________ conectado en ________ con el circuito a enclavar.**
6. **Los circuitos de mando que trabajan a tensiones reducidas de corriente alterna necesitan __________ __________**
7. **Si un circuito de fuerza trabaja a 400 Vca ¿es posible que el mando trabaje también a 400 Vca entre dos fases?**
   a) Verdadero.
   b) Falso.

7 Arranque y variación de velocidad en motores

vamos a conocer...

1. Automatismos para el arranque y control de motores de corriente alterna
2. Regulación de velocidad en motores de corriente alterna
3. Arranque de motores de corriente continua
4. Regulación de velocidad en motores de corriente continua

PRÁCTICA PROFESIONAL

Arranque estrella-triángulo de un motor trifásico

MUNDO TÉCNICO

Variadores de velocidad en red

y al finalizar..

- Conocerás diferentes sistemas para el arranque de motores de corriente alterna y continua.
- Instalarás y programarás dispositivos para la variación de velocidad de motores eléctricos.
- Conocerás algunos de los sistemas utilizados para el frenado de máquinas eléctricas.
- Montarás y probarás diferentes circuitos relacionados con el arranque y regulación de diferentes tipos de motores eléctricos.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Una avería ha quemado el motor trifásico de una cinta transportadora. Las características eléctricas del motor no se conocen ya que la placa de características ha sufrido tal deterioro que no se puede leer. Un técnico de mantenimiento ha sustituido el motor por otro similar, pero ligeramente más voluminoso. Después de su instalación, se ha observado que cuando el motor se pone en marcha, hace saltar a menudo las protecciones. También se ha comprobado que los cables que lo alimentan se calientan en exceso.

El técnico de mantenimiento ha conectado un amperímetro en serie con una de las fases de alimentación y ha comprobado que se producen picos de corriente, en el momento de arranque, de un valor excesivo, muy superiores a los del motor anterior. Dichos picos son los que están produciendo el disparo de protecciones y, en gran medida, el calentamiento de los conductores eléctricos. Como el nuevo motor se va a dejar instalado de forma definitiva en la máquina, es necesario adaptar el circuito para su arranque de automatismos que controla el sistema. Además, se ha pensado que lo ideal sería que la cinta transportadora pudiera funcionar a diferentes velocidades. Por tanto, el circuito de alimentación del nuevo motor debe disponer de un dispositivo de regulación de velocidad.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes realizar las tres primeras pruebas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Conecta un amperímetro en serie con una de las fases que alimentan un motor trifásico con rotor en cortocircuito. Conecta el motor a la red eléctrica y observa qué ocurre con la corriente en el momento del arranque.
2. Conecta los devanados (inducido e inductor) de un motor de corriente continua en paralelo. En uno de los dos cables que los alimentan, conecta un amperímetro en serie. Conecta el motor a una red eléctrica de corriente continua y observa qué ocurre en el momento del arranque.
3. Conecta un motor trifásico de rotor en cortocircuito a una línea de corriente alterna de tensión variable. Con el mando de regulación, modifica la tensión de alimentación del motor entre 150 y 240V. ¿Qué ocurre con la velocidad del motor? ¿Qué conclusiones sacas de esta prueba?
4. ¿Cuál es el circuito de automatismos que permite evitar en todo lo posible los picos de corriente en el momento del arranque del motor?
5. ¿El uso de un arrancador progresivo sería adecuado para solucionar el problema de la corriente del arranque del motor instalado?
6. ¿Si el motor es de rotor en jaula de ardilla, crees que se puede utilizar el arranque por resistencias rotóricas?
7. ¿Cuál sería la forma idónea para regular la velocidad del motor instalado?



1. Automatismos para el arranque y control de motores de corriente alterna

1.1. Arranque de motores de corriente alterna

Los motores eléctricos en general (tanto de alterna como de continua), en el momento del arranque deben vencer el par resistente que existe en su eje. Esto provoca que la corriente consumida en ese instante sea muy elevada, resultando especialmente perjudicial para la máquina y el circuito que la alimenta, agravándose en motores de gran potencia. Para evitar en todo lo posible esta sobrecorriente, se utilizan numerosas configuraciones para el arranque. El uso de sistemas basados en automatismos industriales permiten optimizar este tipo de maniobras con gran facilidad.

saber más

Antes de empezar a montar los circuitos que en esta unidad se proponen, es importante que recuerdes lo estudiado en la unidad 4 relacionado con el arranque de motores de corriente alterna y continua.

En aquella unidad se estudió el arranque de algunos motores eléctricos, con interruptores de potencia de accionamiento manual. En esta unidad se volverá a realizar estas maniobras, y algunas más, pero con circuitos de automatismos basados en contactores y relés.

Arranque estrella-triángulo

El circuito de fuerza se realiza con tres contactores. KM1 es el principal, KM2 el que realiza la conexión en triángulo y KM3 el que realiza la conexión en estrella.

1º tiempo: en el momento de la puesta en marcha deben activarse los contactores KM1 y KM3 para que la caja de bornes quede conectada en estrella.

2º tiempo: se desactiva el contactor KM3, manteniendo KM1, y activando KM2. De esta forma el motor queda conectado en triángulo de forma definitiva.

Cada vez que el motor se pone en marcha, es necesario realizar los pasos anteriores.

Entre el contactor KM1 y el motor se conecta el relé térmico.

caso práctico inicial

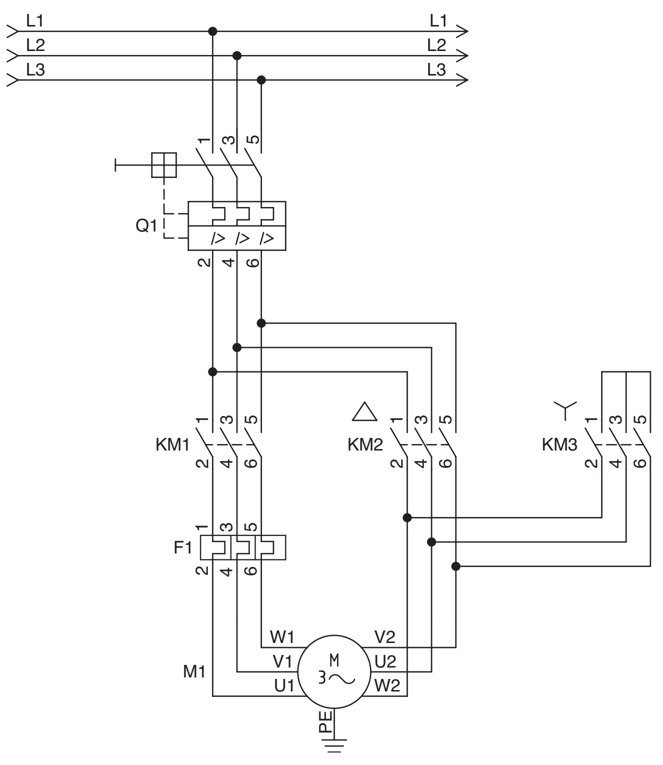
El circuito «estrella-triángulo» es la solución tradicional, siempre que no se requiera regulación de velocidad, para evitar el pico de corriente en el momento del arranque del motor de la cinta transportadora.

recuerda

En la unidad 4 se realizó un montaje con un interruptor manual de potencia para realizar este tipo de arranque. Es conveniente que lo recuerdes para comprender el funcionamiento de los siguientes automatismos.

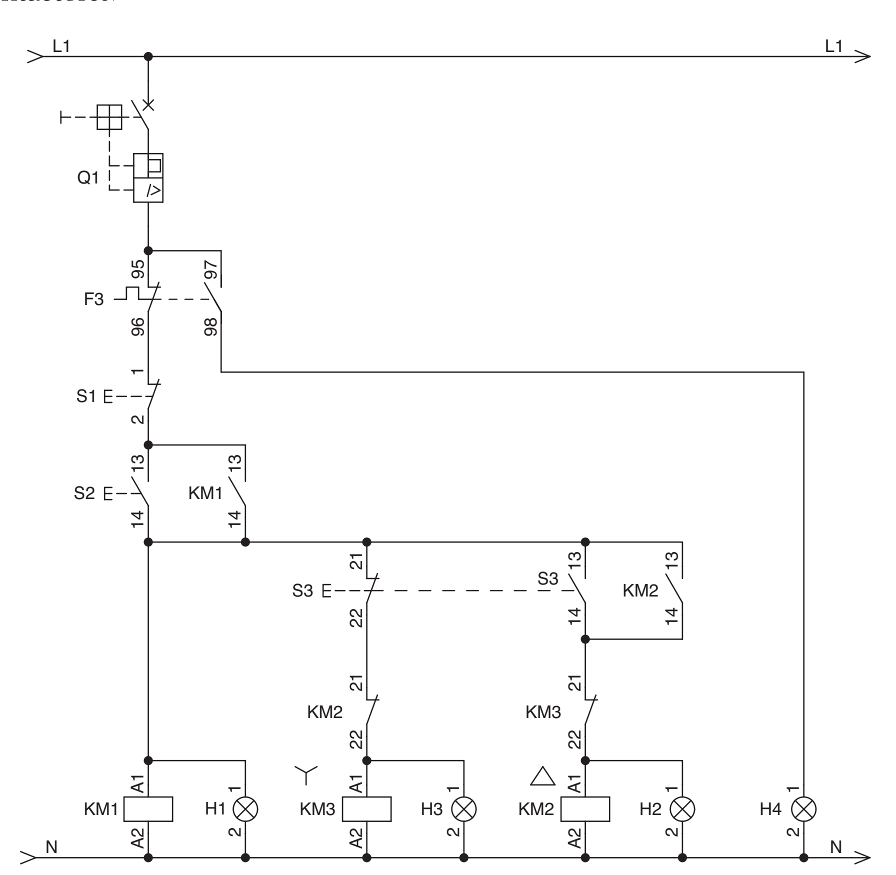


↑ **Figura 7.1.** Uso de motores eléctricos en diferentes aplicaciones industriales.



↑ **Figura 7.2.** Esquema de fuerza del arranque estrella-triángulo con contactores.

Esta maniobra se puede hacer de forma manual o completamente automática con contactores.



↑ **Figura 7.5.** Circuito de mando de arranque de estrella triángulo manual.

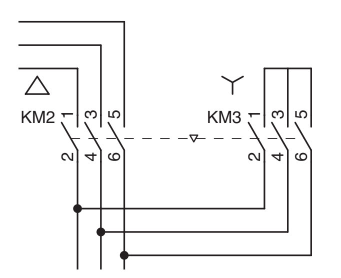
saber más

Si el motor se arranca directamente con lo contactores KM1 y KM2 no se consigue atenuar el pico de corriente del momento del arranque.

seguridad

En ningún caso deben activarse a la vez los contactores de estrella y de triángulo, ya que se produciría un cortocircuito.

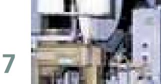
Algunos fabricantes disponen de conjuntos completamente montados con enclavamiento mecánico entre ambos contactores.



↑ **Figura 7.3.** Detalle del enclavamiento mecánico en el esquema.



↑ **Figura 7.4.** Estrella-triángulo completamente ensamblado (SIEMENS AG).



En el arranque manual, la puesta en marcha se realiza con el pulsador S2 y la parada mediante el pulsador S1. El paso de estrella a triángulo lo realiza el pulsador de doble contacto S3. Al accionar dicho pulsador se desactiva la bobina KM3 (estrella) y activa la KM2 (triángulo). En las líneas de alimentación de ambas bobinas, se disponen de sendos contactos de enclavamiento para evitar que los contactores de estrella y triángulo se activen a la vez.

En este caso el tiempo de conmutación se realiza de forma manual.

Sustituyendo la función de conmutación del pulsador S3 por los contactos (abierto y cerrado) de un temporizador (KT1), el paso de estrella a triángulo se realiza de forma automática.

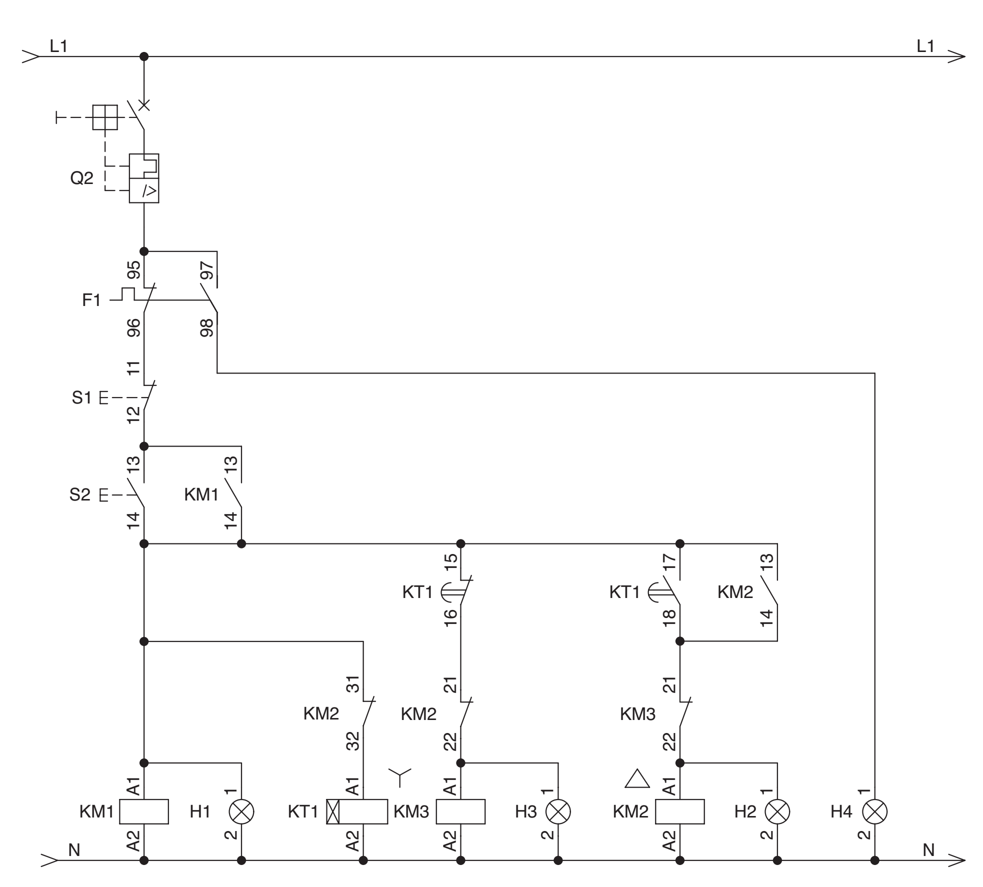
De igual forma que en arranque manual, la puesta en marcha se realiza mediante el pulsador S2 y la parada mediante el pulsador S1. Cuando se activa el contactor KM1 (principal), también lo hace el temporizador (KT1). Una vez transcurrido el tiempo en él ajustado, se produce la conmutación automática entre (KM3 y KM2).

El contacto en serie del contactor KM2 con la bobina KT1, permite desactivar el temporizador una vez que ha cumplido su misión.

saber más

Existen temporizadores especialmente diseñados para realizar este tipo de arranque.

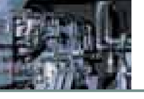
Sus contactos están diseñados para evitar que los contactores de estrella y triángulo puedan activarse momentáneamente a la vez.



↑ **Figura 7.6.** Esquema de mando para el arranque estrella-triángulo de forma temporizada.

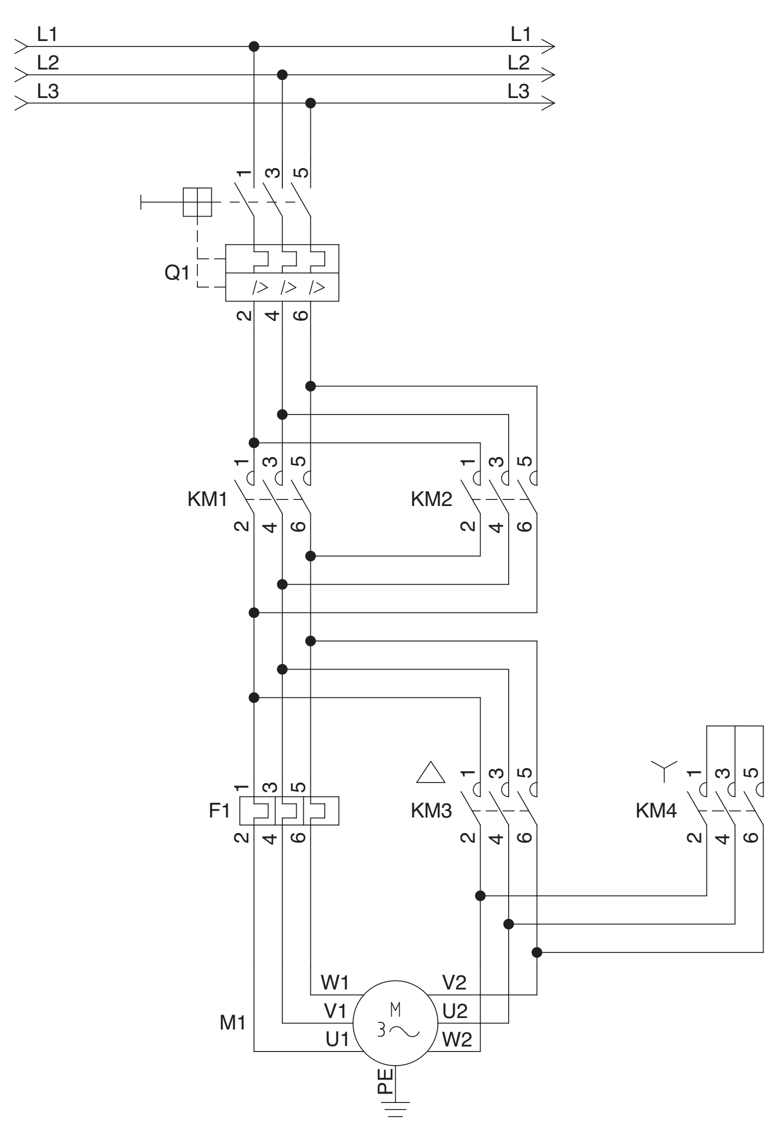
En ambos circuitos (manual y automático) se han empleado lámparas de señalización para conocer el estado del motor en el momento del arranque. Además, si el relé térmico F1 se dispara, se enciende la lámpara H4.

Las lámparas H1, H2 y H3 son opcionales y se utilizarán para señalizar el estado de los contactores.



Arranque estrella-triángulo con inversión del sentido de giro

En muchas ocasiones también es necesario invertir el sentido de giro en los motores que utilizan el arranque estrella-triángulo. En estos casos, es necesario arrancar la máquina en los dos tiempos (primero estrella y luego triángulo) en ambos sentidos de giro.

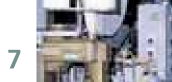


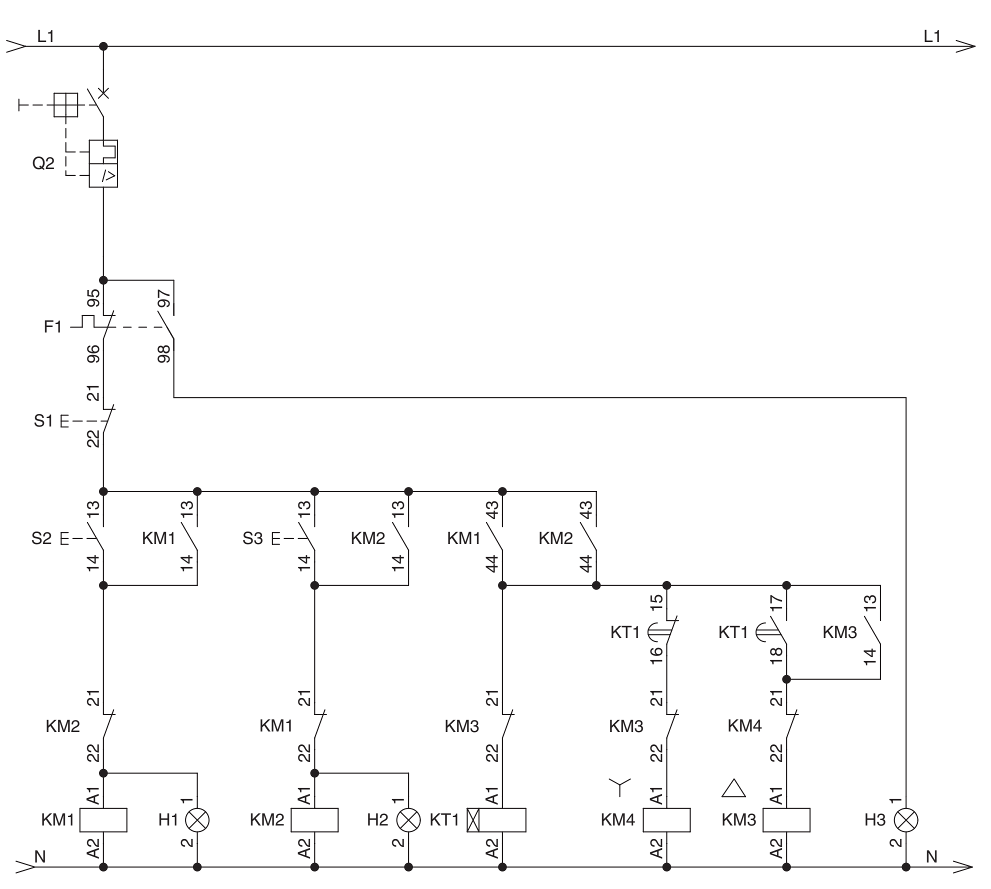
↑ **Figura 7.7.** Circuito de fuerza para el arranque estrella-triángulo con inversión del sentido de giro.

El circuito de fuerza es como el mostrado en la figura 7.7. En él se muestra que los contactores KM1 y KM2 hacen la inversión de fases para el cambio de sentido de giro, y los contactores KM3 y KM4, las conexiones para triángulo y estrella respectivamente.

Así, el arranque en un sentido giro debe hacerse en dos tiempos. Primero conectando uno solo de los contactores del inversor (KM1 o KM2) y a la vez que el KM4 (estrella). Y posteriormente conmutando entre KM4 y KM3 para la conexión triángulo.

Para invertir el sentido de giro es necesario parar el motor y realizar nuevamente la conmutación.

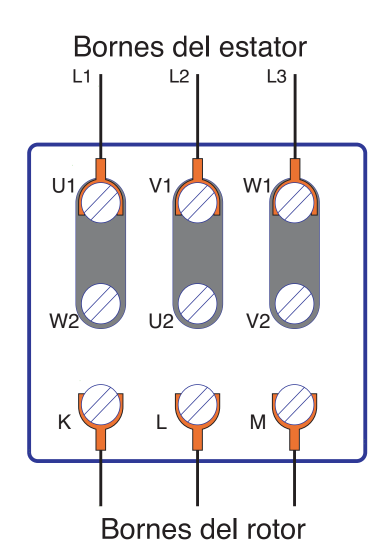




↑ **Figura 7.8.** Circuito de mando para la inversión del sentido de giro en un estrella triángulo temporizado.

recuerda

La caja de bornes de un motor de rotor bobinado dispone de 9 bornes: 6 para el devanado del estator y 3 para el del rotor.



↑ **Figura 7.9.** Caja de bornes de un motor de rotor bobinado.

S2 y S3 son los pulsadores que accionan las bobinas KM1 y KM2 respectivamente, de los contactores encargados de la inversión del sentido de giro.

Si cualquiera de estos dos contactores se activa, también lo hace, a través de sendos contactos abiertos de dichos contactores, los circuitos del temporizador KT1 y los contactores KM4 y KM3, cuyo funcionamiento es idéntico al visto anteriormente.

Arranque de un motor por eliminación de resistencias rotóricas

Los motores de inducción con rotor bobinado están diseñados para trabajar con el devanado de rotor en cortocircuito. Sin embargo, si el arranque del motor se realiza con esta conexión, el consumo de corriente es tan elevado que se produce una situación similar a la vista anteriormente para los motores de rotor en cortocircuito (jaula de ardilla).

Por tanto, la puesta en marcha de este tipo de motores debe hacerse en varios tiempos, para atenuar el pico de corriente en el momento del arranque.

Los circuitos de automatismos industriales basados en contactores facilitan el arranque de este tipo de máquinas.



↑ **Figura 7.10.** Resistencias de potencia.

En el circuito de fuerza se conectan en serie-estrella, con el devanado del rotor, dos o más bloques resistencias como se muestra la figura 7.11. Así, el arranque se hace en tres tiempos:

1er Tiempo: el devanado del estator se alimenta a través de KM1. En esta situación KM2 y KM3 deben estar sin excitar, para que todas las resistencias se encuentren conectadas en serie-estrella al devanado del rotor.

2er Tiempo: se mantiene KM1 para la alimentación de devanado del estator. Se activa KM2 cortocircuitando así el bloque de resistencias más alejado (R1).

3er Tiempo: se mantienen alimentados KM1 y KM2 y se activa KM3 para cortocircuitar el último bloque de resistencias. En esta situación el rotor queda conectado en cortocircuito.

El circuito de mando está basado principalmente en la activación automática, mediante temporizadores, de los contactores que eliminan los bloques de resistencias rotóricas.

La puesta en marcha se realiza con el pulsador S2 y la parada con S1.

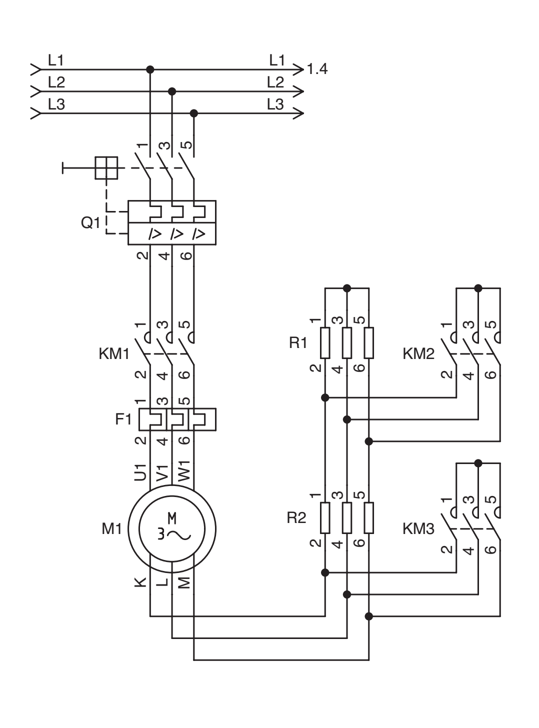
La lámpara H1 señaliza el momento en el que el motor arranca sin resistencias en el rotor. Y la H2 señaliza el disparo del relé térmico F1.

Una vez que KM3 se ha activado, dos de sus contactos cerrados se encargan de desconectar el temporizador KT1 y la bobina de KM2 ya que no es necesario que se mantengan alimentados en el funcionamiento normal de la máquina.

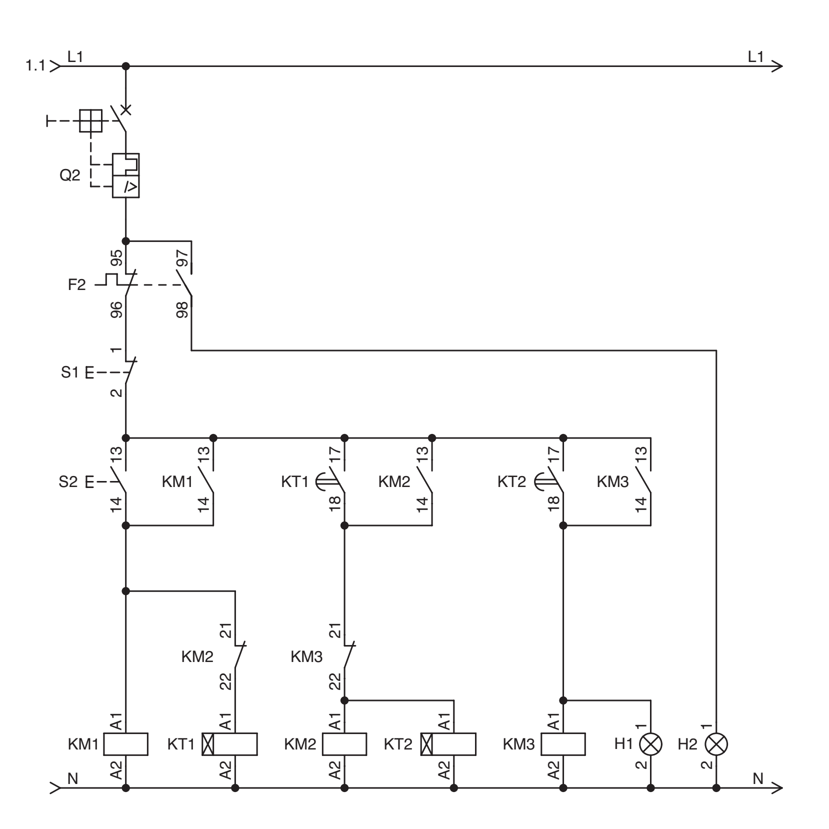
Si se desea, se pueden añadir lámparas en paralelo a las bobinas KM1 y KM2 para señalizar los tiempos de arranque del motor.

caso práctico inicial

Es evidente que el arranque por eliminación de resistencias rotóricas no puede aplicarse a los motores con rotor en cortocircuito.

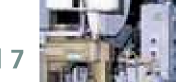


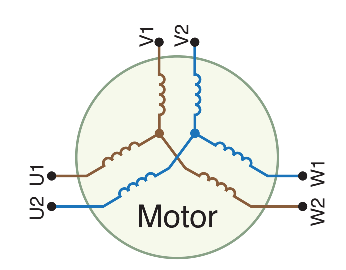
Esquema de fuerza



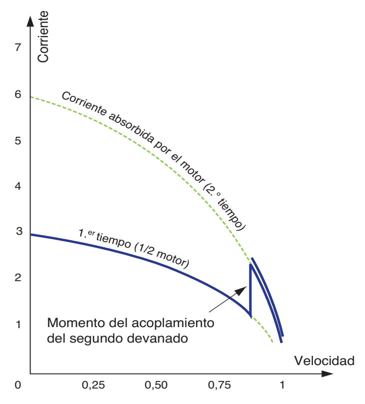
Esquema de mando

↑ **Figura 7.11.** Arranque de un motor de rotor bobinado por eliminación de resistencias rotóricas.





↑ **Figura 7.12.** Devanados de un motor Part-Winding.



↑ **Figura 7.13.** Curva corriente-velocidad del arranque de un motor Part-Winding.

Arranque de motores con devanados separados (Part-Winding)

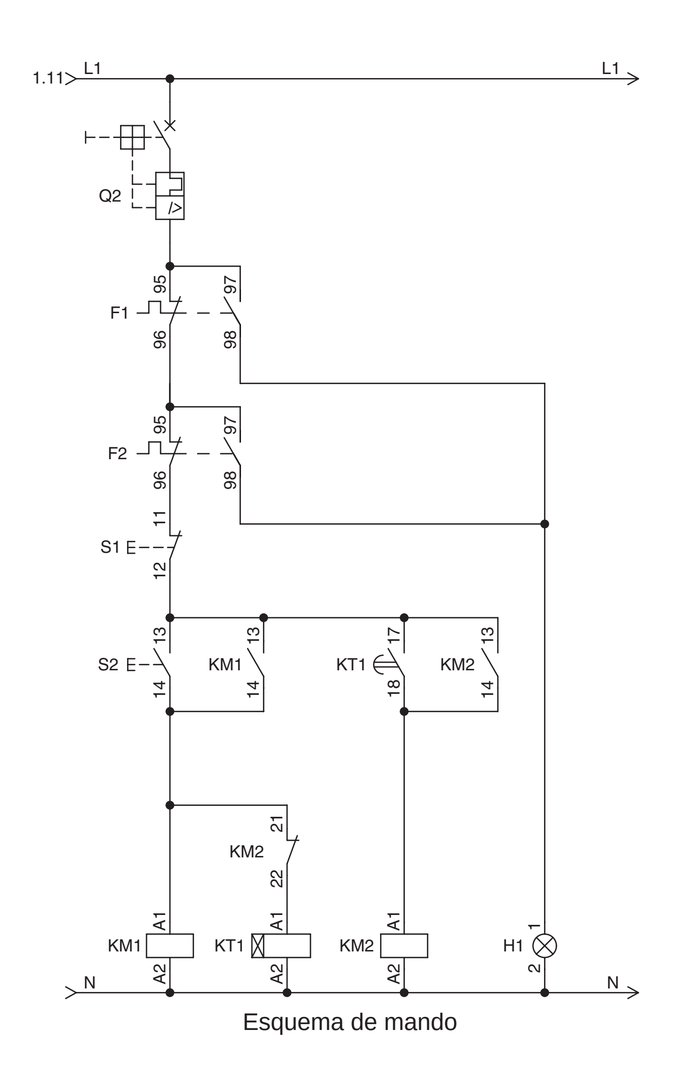
Otra forma de disminuir la corriente en el momento del arranque de un motor de inducción consiste en utilizar máquinas con dos devanados, también denominadas de **devanados partidos o «Part-Winding».**

En este caso, primero se alimenta uno de los devanados, disminuyendo así la corriente de arranque a la mitad, y cuando el motor ya ha conseguido la velocidad nominal, se conecta en paralelo el otro devanado.

Este tipo de motores está muy extendido en el continente americano y no tanto en Europa. Sin embargo, en determinados sectores industriales, como la refrigeración, mucha de la maquinaria importada a nuestro país procedente de EEUU, dispone de este tipo de motores y es necesario conocerlos para su correcto arranque.

El circuito de fuerza dispone de dos contactores (KM1 y KM2), con sus respectivos relés térmicos, para alimentar los devanados de motor individualmente.

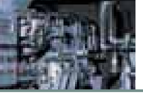
El circuito de mando consiste en un arranque mediante pulsadores de marcha y paro que activa el contactor del primer devanado (KM1), y un circuito temporizado que activa el KM2 con un retardo respecto a KM1.



Esquema de fuerza

Esquema de mando

↑ **Figura 7.14.** Arranque de un motor Part-Winding.



Arranque de motores asíncronos mediante arrancadores progresivos

Los arrancadores progresivos o suaves, son dispositivos de electrónica de potencia que permiten arrancar los motores de inducción de forma progresiva y sin sacudidas, limitando así las puntas de corriente en el momento del arranque.



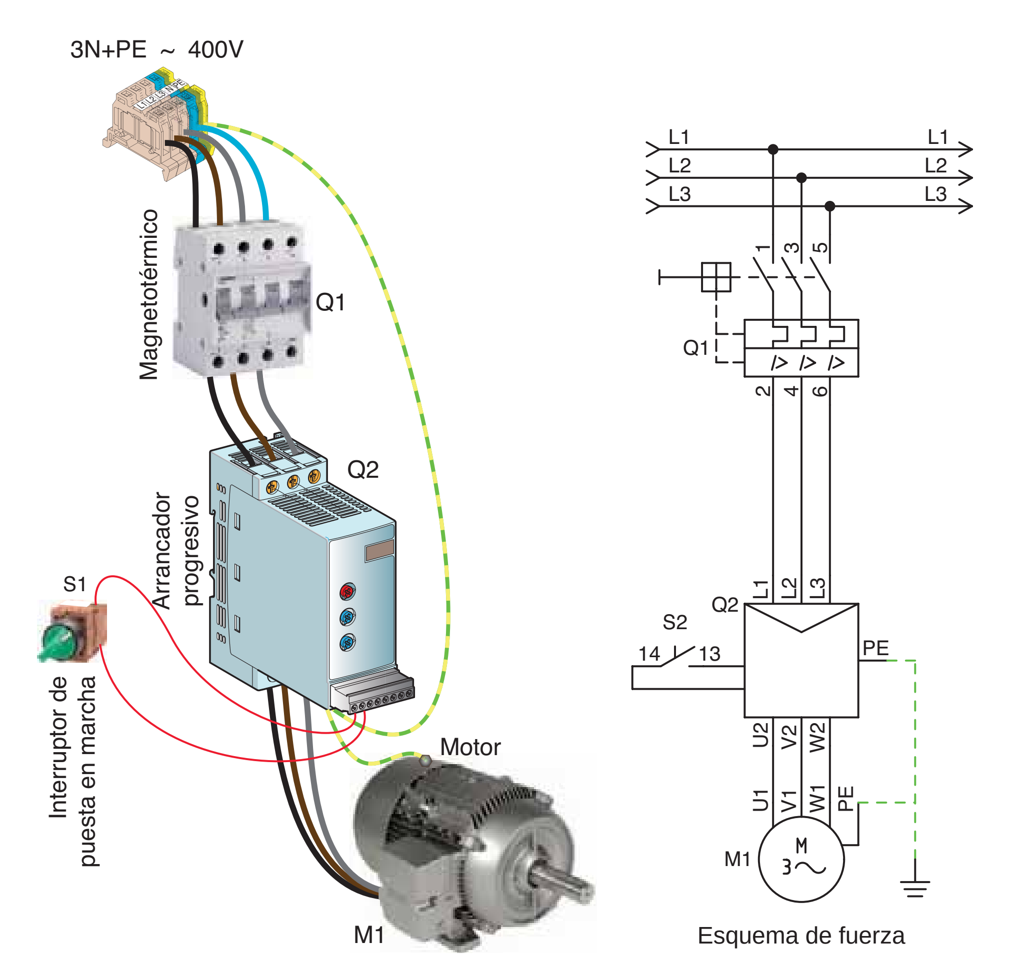




↑ **Figura 7.15.** Diferentes tipos de arrancadores progresivos (TELEMECANIQUE).

Estos dispositivos disponen de un bloque de potencia o fuerza, a través del cual se alimenta el motor, y un bloque de mando, que permite gestionar el arranque de forma autónoma o por medio de un circuito externo.

En la figura 7.17 se muestra un motor gobernado por un arrancador progresivo. En este caso, el circuito de mando es un interruptor monopolar que se conexiona a las entradas lógicas del propio dispositivo.



↑ **Figura 7.17.** Ejemplo de conexión de un arrancador progresivo.

caso **práctico** inicial

Una buena solución para evitar el pico de corriente en el momento del arranque de la cinta transportadora, es utilizar arrancadores progresivos. Su instalación y mantenimiento es sencillo ya que no requiere de mucho cableado para el mando.

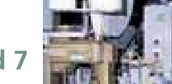




↑ **Figura 7.16.** Arrancadores progresivos (ABB).

seguridad

En los dispositivos de electrónica de potencia, como arrancadores progresivos o variadores de frecuencia, es importante que la conexión del conductor de protección esté bien realizada.



Otra posibilidad consiste en insertar un contactor (KM1) antes del arrancador progresivo, de forma que el corte y la activación del motor se pueda gestionar desde un circuito de mando externo. En este caso es necesario puentear la entrada lógica de mando del arrancador o gestionarla desde algún contacto auxiliar del contactor.

↑ **Figura 7.18.** Modelo de conexión de un arrancador progresivo.

1.2. Frenado de motores asíncronos

En los circuitos estudiados hasta ahora, la parada de los motores se hace simplemente abriendo el circuito de alimentación desconectando el contactor o contactores que realizan esta misión. En todos los casos, el eje del motor sigue girando por inercia hasta que se detiene por rozamiento o por el par resistente aplicado en su eje.

Sin embargo, muchas son las aplicaciones industriales que requieren que el rotor del motor deje de girar bruscamente una vez que se corta su alimentación eléctrica.

En estos casos es necesario disponer de un sistema de frenado, siendo los más habituales:

- Frenado por inyección de corriente continua.
- Frenado por sistema electromecánico.
- Frenado por contracorriente.

Frenado por inyección de corriente continua

Si a los bornes de un motor de corriente alterna se le aplica de forma temporal una pequeña tensión de corriente continua, en el estator se genera un campo magnético fijo que es capaz de bloquear el rotor frenándolo.

Esta circunstancia se puede aprovechar para detener de forma brusca un motor de inducción inmediatamente después de haber sido desconectado de la red eléctrica que lo alimenta.

Así, en el circuito de fuerza intervienen tres contactores:

- KM1 para arrancar y alimentar el motor.
- KM2 y KM3 para inyectar la corriente continua desde el conjunto transformador-puente de diodos. El uso de estos dos contactores permite aislar el puente de diodos tanto de la alimentación desde el transformador, como del devanado del motor.

saber más

Utilizando un transformador (de 230/12V) y un puente de diodos monofásico de potencia, se puede conseguir de forma sencilla corriente continua en un circuito de corriente alterna.



↑ **Figura 7.19.** Puente de diodos de potencia (SEMIKROM).

Esquema de fuerza

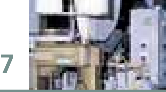
Esquema de mando

↑ **Figura 7.20.** Frenado de un motor por inyección de corriente continua.

Una parte del circuito de mando consiste en un arranque manual del motor a través de KM1, mediante pulsadores de marcha y paro (S2 y S1 respectivamente).

El pulsador de doble cámara S3 se utiliza como pulsador de parada por inyección de corriente continua. Cuando este se acciona, su contacto cerrado abre el circuito de alimentación de KM1 desactivándolo y a su vez el contacto abierto activa los contactores KM2 y KM3, inyectando la corriente continua a través del circuito de fuerza.

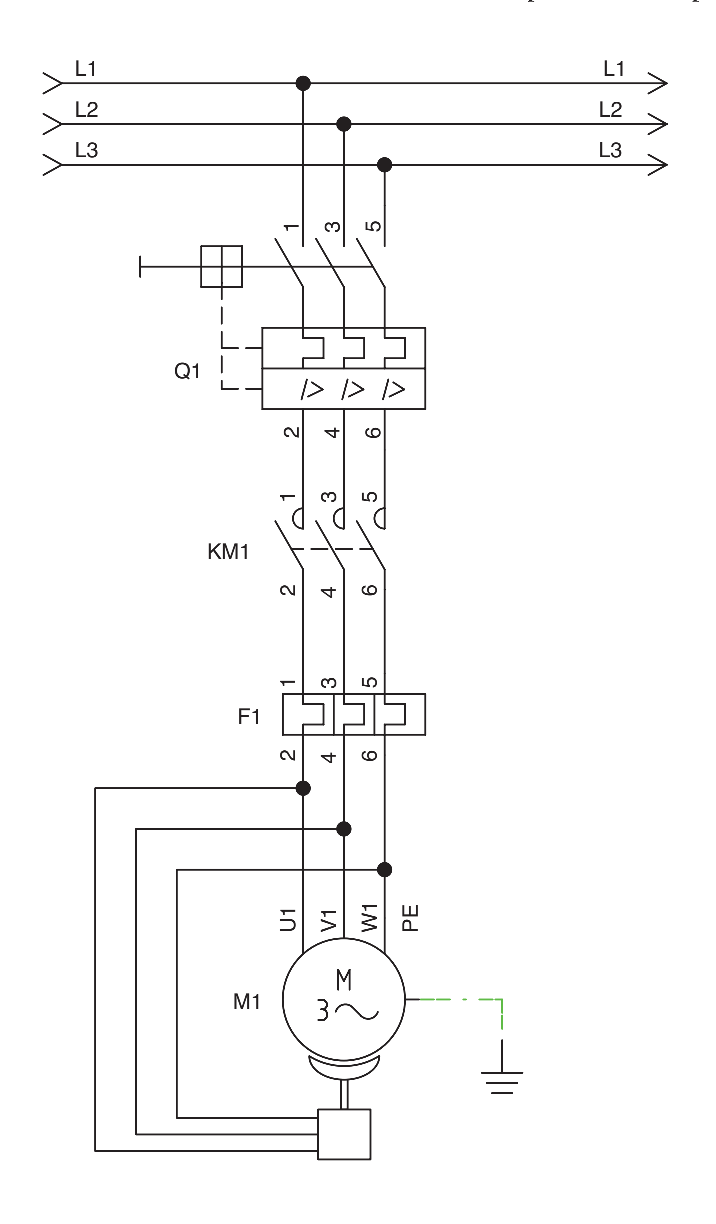
El temporizador se encarga de abrir el circuito de alimentación de la bobinas KM2 y KM3, deteniendo así el proceso de inyección de CC.

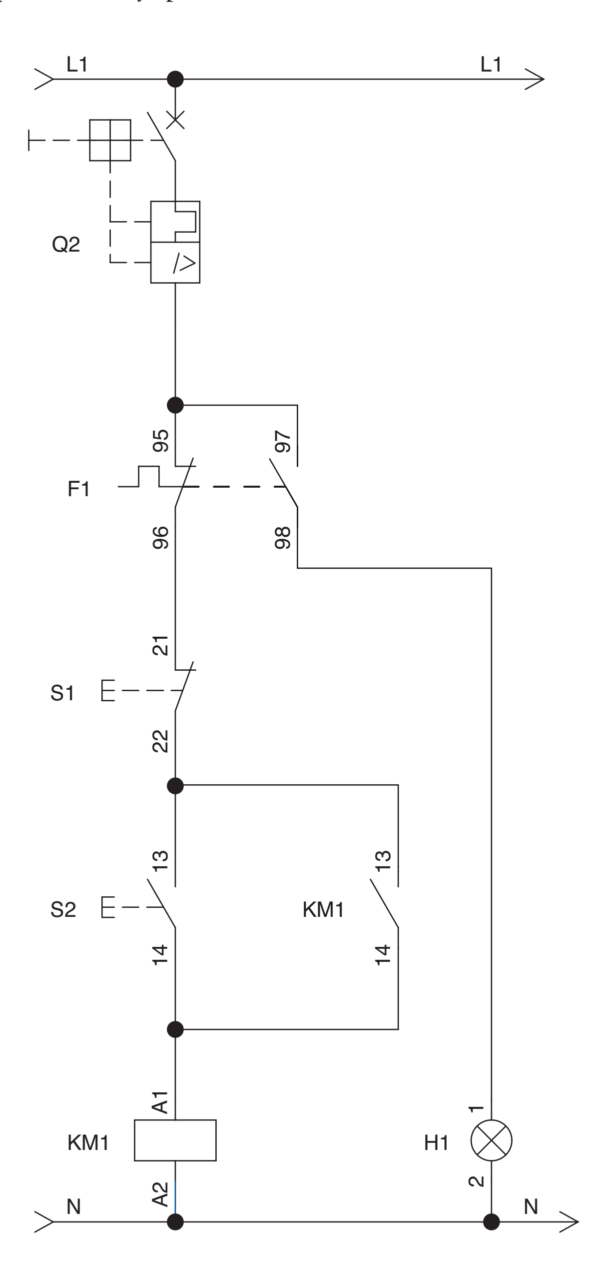


Frenado por sistema electromecánico

Este sistema consiste en alimentar temporalmente un sistema electromecánico, que frena el eje del motor mediante rozamiento de una zapata con el eje, de forma similar a como se hace en los automóviles.

En el circuito de fuerza, cuando el motor está alimentado mediante el contactor principal (KM1), también lo está el sistema de electroimanes del electrofreno. En esta situación la zapata se retira del eje del motor evitando así su frenado. Si el motor se desconecta mediante el contactor de alimentación, también lo hace el electroimán del sistema de frenado. Por tanto, la zapata, mediante un resorte vuelve a su posición de reposo bloqueando el eje por rozamiento.





↑ **Figura 7.21.** Frenado de un motor eléctrico por sistema electromecánico.

Frenado por contracorriente

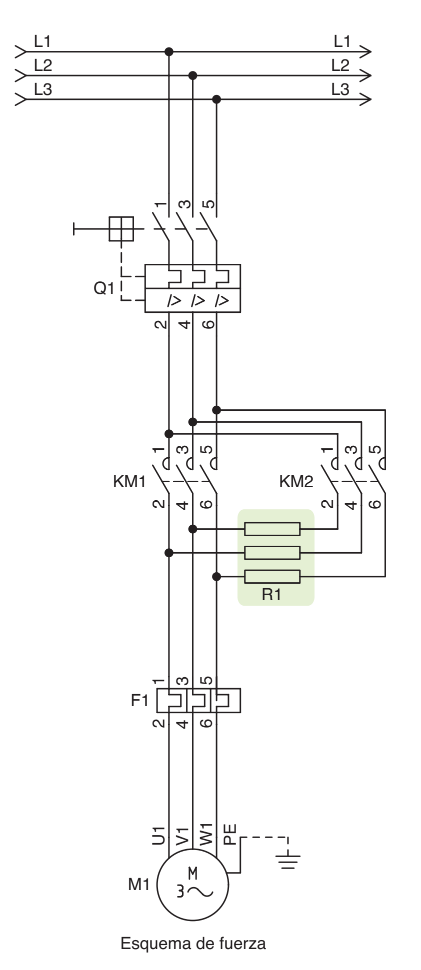
Consiste en alimentar el motor con dos de las fases invertidas, creando así un par opuesto al de funcionamiento normal del motor.

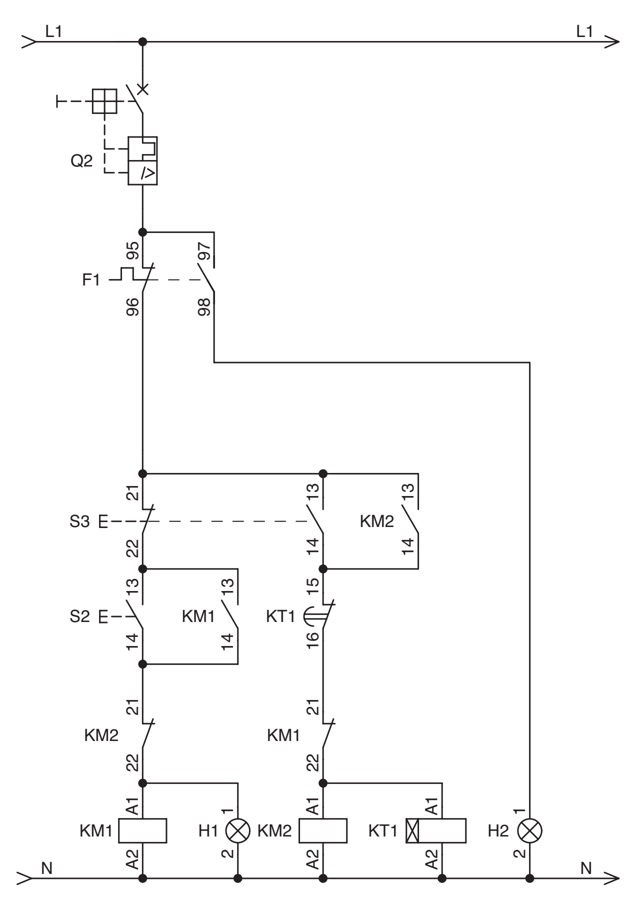
El circuito de fuerza es similar a los ya estudiados para realizar la inversión del sentido de giro de los motores asíncronos. La diferencia radica en la conexión en serie de tres resistencias de potencia con el contactor KM2, para generar la situación de contracorriente.

El funcionamiento normal del motor se realiza conectando KM1. Cuando este se desactiva, el motor se desconecta de la red eléctrica y entra automáticamente KM2. En esa situación el motor es alimentado a través de las resistencias, frenándolo de inmediato.

Para evitar que el motor logre funcionar en sentido contrario, el funcionamiento de KM2 debe controlarse mediante un temporizador.

↓ **Figura Figura 7.22.** Frenado de un motor asíncrono trifásico por el contracorriente.

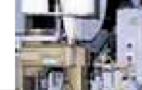




ACTIVIDADES

1. Utilizando los esquemas de mando y fuerza, que aparecen en la figura 7.19 de esta unidad, para el frenado de un motor asíncrono por inyección de corriente continua, realiza el montaje sobre el panel de pruebas y comprueba su funcionamiento.

   Para alimentar el puente de diodos, utiliza un transformador cuyo secundario sea de 12 o 24 voltios.



2. Regulación de velocidad en motores de corriente alterna

recuerda

La frecuencia de nuestra red eléctrica es de 50 Hz.

Otros sistemas, como el americano, trabajan con una frecuencia de 60 Hz.

La velocidad de giro de un motor de corriente alterna está definida por la siguiente expresión:

$$N = 60 \cdot \frac{f}{p}$$

N: la velocidad de giro en r.p.m. (revoluciones por minuto)
f: es la frecuencia de la red en Hz (hercios)
p: es el número de pares de polos del motor.

Está claro que modificando la frecuencia o el número de pares de polos de la máquina, se cambia la velocidad de giro.

2.1. Variación de velocidad por cambio del número de pares de polos



↑ **Figura 7.23.** Momento del devanado de un motor de corriente alterna.

El número de pares de polos solamente se puede definir en el momento de la construcción del devanado del motor. Por tanto, en este sentido, si está previsto que una maquina funcione a diferentes velocidades, su devanado debe diseñarse (y construirse) de tal manera que desde su caja de bornes se puede elegir la velocidad de funcionamiento.

Este tipo de motores disponen de dos cajas de bornes, una por devanado, completamente independientes.

Basándose en el cambio de velocidad en función del número de pares de polos, dos son los métodos habitualmente utilizados para la construcción de motores eléctricos:

1. Motor con devanados separados.
2. Motor con devanados compartidos o con tomas intermedias (motor Dahlander).

En ningún caso el número de pares de polos puede ser inferior a 1. Por tanto la velocidad máxima que se puede conseguir de esta forma es de 3.000 r.p.m.

Este tipo de máquinas solamente pueden funcionar a las velocidades para las que han sido diseñadas de fábrica.

Arranque de un motor de dos velocidades con devanados independientes

recuerda

Este tipo de motores disponen de dos cajas de bornes, una por devanado, completamente independientes.

Este tipo de motores dispone de dos devanados independientes, cada uno diseñado para un número de polos.

A efectos prácticos, los dos devanados se comportan como si de dos motores diferentes se tratara, cada uno diseñado para una velocidad. Teniendo en cuenta que en ningún caso los dos devanados pueden conectarse a la vez, se hace necesario el enclavamiento mecánico entre los dos contactores.

El circuito de mando es similar al del circuito inversor del sentido de giro pasando por paro.

Circuito de fuerza

Circuito de mando

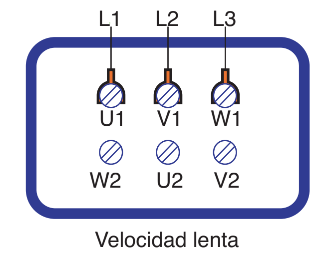
↑ **Figura 7.24.** Arranque de un motor de dos velocidades con devanados independientes.

Arranque de un motor de dos velocidades con devanados con tomas intermedias (motor Dahlander)

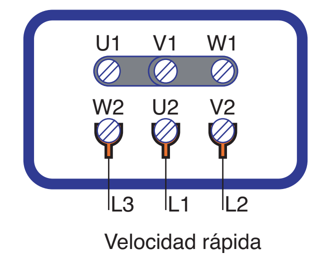
Se denomina motor Dahlander a aquel que utiliza el mismo devanado para conseguir dos o más velocidades.

En el caso del motor de dos velocidades, la caja de bornes dispone de 6 puntos de conexión. En función de cómo se conecten dichos bornes, se consigue que la máquina funcione a una velocidad u otra.

La figura 7.25 muestra como se conecta la caja de bornes para que el motor funcione de forma permanente a cada una de las velocidades:

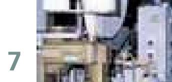


Velocidad lenta

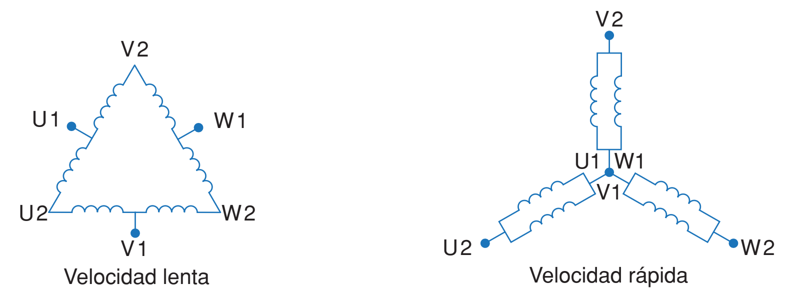


Velocidad rápida

↑ **Figura 7.25.** Conexión de la caja de bornes de un motor Dahlander.



Así, al realizar la configuración en la caja de bornes, la conexión interna de los devanados para cada una de las velocidades es la siguiente.



→ **Figura 7.26.** Conexión interna del devanado para las dos velocidades.

La conmutación entre una y otra velocidad requiere utilizar un circuito de automatismos basado en contactores.

En el circuito de fuerza, para arrancar el motor a la velocidad lenta, se conectan los bornes U1-V1-W1 a la red con KM2 y se dejan sin conexión U2-V2-W2. Para arrancar a la velocidad rápida, se conectan los bornes U2-V2-W2 a la red con KM1 y se puentean U1-V1-W1 con KM3.

En el circuito de mando, el pulsador S2 se utiliza para arrancar el motor a velocidad lenta mediante KM2 y el pulsador S3 para hacerlo a la velocidad rápida.

Los contactores KM2 y KM3 nunca deben entrar a la vez. Por tanto, se hace necesario utilizar entre ellos enclavamiento mecánico entre ambos o eléctrico, mediante contactos cerrados cruzados en las ramas que alimentan sus bobinas.

Las lámparas H1 y H2 permiten señalizar la velocidad a la que está funcionando el motor.

↓ **Figura 7.27.** Arranque de un motor Dahlander de dos velocidades.

2.2. Variación de velocidad por variadores de frecuencia

Otra forma de variar la velocidad de un motor de corriente alterna se consigue cambiando la frecuencia de su alimentación, mediante los denominados **variadores de frecuencias** o variadores de velocidad.

Un variador de frecuencia es un dispositivo de electrónica de potencia, que como su propio nombre dice, es capaz de modificar la frecuencia en hercios de la alimentación de un motor.

Los variadores de frecuencia se utilizan con máquinas convencionales, que no necesitan ningún devanado especial.

Trabajan entre una frecuencia mínima y una máxima, pudiéndose regular en todo el rango con suma facilidad.






↑ **Figura 7.29.** Variadores de frecuencia de baja potencia.

Los variadores disponen de un modo de funcionamiento de supervisión que permite observar algunos de los parámetros y magnitudes eléctricas cuando el motor está en marcha. Como: tensión en bornes del motor, velocidad estimada, estado térmico de variador, corriente cosumida, tensión de la red de alimentación, etc.

Algunos modelos pueden superar la frecuencia de sincronismo de la red eléctrica de alimentación. Esto hace que los motores funcionen a velocidades supersincrónicas, superiores incluso para las que han sido diseñadas por su número de polos.

Programación de los variadores de frecuencia

Los variadores de velocidad disponen de un juego de parámetros que es más o menos amplio en función del modelo.

Su programación se puede hacer de diversas formas:

- Desde un pequeño panel de operación que incorpora el variador.
- Mediante un terminal de programación externo que se adquiere por separado y permite la programación avanzada.
- O desde un ordenador personal a través de un cable de conexión específico y un *software* de parametrización.

caso práctico inicial

El uso de un variador de frecuencia es la mejor solución para la velocidad del motor de la cinta transportadora.



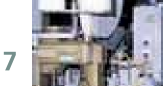
↑ **Figura 7.28.** Variador de frecuencia para motor de gran potencia (SIEMENS).



↑ **Figura 7.30.** Terminal de programación básico extraíble.

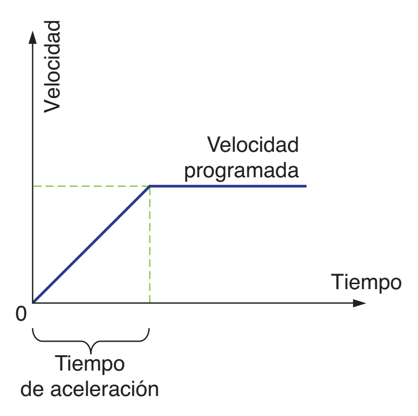


↑ **Figura 7.31.** Terminal de programación avanzado externo.

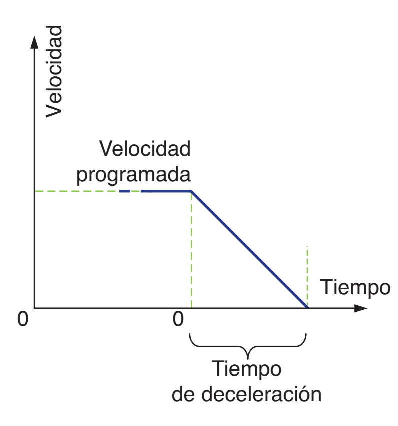


Estos son algunos de los parámetros característicos que se pueden ajustar y programar en un variador de frecuencia:

- **Ajustes de fábrica**: pone todos los parámetros del variador a valores de fábrica.
- **Rampa de aceleración:** es el tiempo en segundos que se emplea para que el motor consiga la velocidad preprogramada.
- **Rampa de deceleración:** es el tiempo en segundos que se emplea para que un motor disminuya su velocidad hasta pararse o lograr otra velocidad preprogramada.



↑ **Figura 7.32.** Rampa de aceleración.



↑ **Figura 7.33.** Rampa de deceleración.

saber más

Algunos fabricantes integran el variador de frecuencia en el propio motor.



↑ **Figura 7.34.** Variador de frecuencia incorporado en el motor (SIEMENS AG).

- **Velocidad máxima:** velocidad más rápida a la que se desea que gire el motor.
- **Velocidad mínima:** velocidad más lenta a la que se desea que gire el motor.
- **Velocidades preseleccionadas**: conjunto de velocidades que programa el operario y que se eligen a través de las entradas lógicas o por algún bus de comunicación.
- **JOG:** funcionamiento del motor a impulsos. Necesita una velocidad preseleccionada propia y tener asociada una entrada lógica para conectar en ella un pulsador o interruptor.
- **Frenado:** permite ajustar el tipo de frenado del motor, que puede ser por inyección de corriente continua o rueda libre.

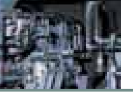
Conexionado del variador de velocidad

Desde el punto de vista del conexionado, los variadores de velocidad disponen de tres módulos bien diferenciados:

- Parte de potencia.
- Parte de mando.
- Consigna de velocidad.

La parte de fuerza se conecta desde la red eléctrica, pasando por el variador y después al motor. Existen variadores de conexión a la red monofásica y de conexión a red trifásica. En ambos casos, el motor es siempre trifásico.

Es aconsejable disponer de un contactor entre el dispositivo de protección y el variador de frecuencias. Este será controlado con un circuito de mando externo y permitirá cortar la red de alimentación de potencia del variador.



↑ **Figura 7.35.** Variador de entrada monofásica.

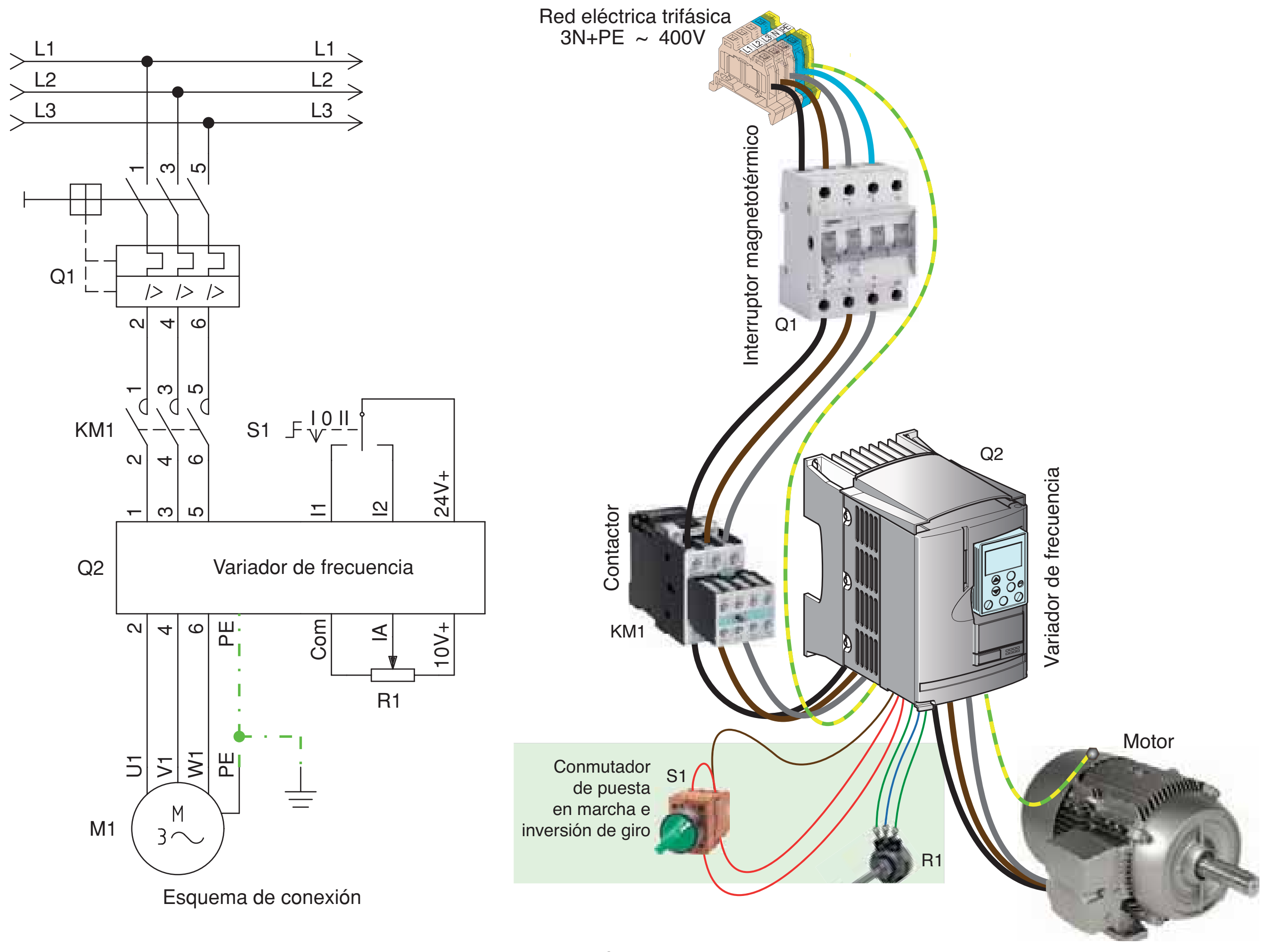
↑ **Figura 7.36.** Variador de entrada trifásica.

↑ **Figura 7.37.** Conexión de un contactor (KM1) de corte general antes del variador.

La parte de mando dispone de entradas lógicas para conectar en ellas sensores tipo interruptor y pulsador. Se utiliza para la puesta en marcha y parada del motor, inversión del sentido de giro, modo JOG, etc. La señal de referencia para estas entradas se realiza desde el borne de tensión positiva que dispone el propio variador. Estas entradas son programables y pueden tener un uso diferente dependiendo de la aplicación.

La consigna de velocidad se da a través de una entrada analógica de tres bornes, a la cual se conecta un potenciómetro rotativo. El valor en kΩ de dicho potenciómetro lo asigna el fabricante.

Así, la conexión básica para arrancar un motor mediante un variador de velocidad es la siguiente.



↑ **Figura 7.38.** Ejemplo del conexionado básico de un variador de frecuencias.

El conmutador de tres posiciones S1, permite arrancar el motor en un sentido de giro u otro.

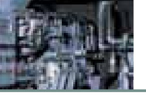
El potenciómetro R1 permite variar la velocidad a través de la entrada analógica.

El contactor KM1 debe gobernarse mediante un circuito de mando basado, por ejemplo, en pulsadores de macha y paro.

Los variadores de velocidad disponen de diferentes circuitos de protección. Entre los más característicos se encuentran los de detección de falta de una fase, de sobrecorriente, de exceso de temperatura, etc.

ACTIVIDADES

2. Sobre el panel de pruebas, realiza el montaje para arrancar un motor Dahlander de dos velocidades. Comprueba su funcionamiento y si dispones de un tacómetro de taller, mide la velocidad de giro del motor.



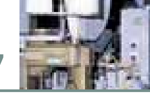
3. Arranque de motores de corriente continua

En la unidad 4 se estudiaron las diferentes configuraciones que se pueden realizar entre los devanados de un motor de corriente continua (serie, *shunt*, *compound* e independiente). Aquí se muestra como se realiza el arranque del motor de devanados independientes (y por defecto también del *shunt*), ya que es el más utilizado de todos ellos.

Esquema de fuerza

Esquema de mando

← **Figura 7.39.** Arranque de un motor de corriente continua por eliminación de resistencias.



vocabulario

Español-Inglés

Arrancador: *starter*
Devanado: *winding*
Accionamiento: *drive*
Rectificador: *rectifier*
Transformador: *transformer*
Magnetotermico: *circuit breakers*
Velocidad: *speed*
Velocidad baja: *low Speed*
Velocidad alta: *high Speed*

Una forma de evitar las sobrecorrientes en el momento del arranque de un motor de corriente continua es alimentando el devanado del inducido a través de resistencias de valor fijo, y posteriormente, eliminándolas por escalones. Según el esquema de la figura 7.39, el arranque de un motor de corriente continua con devanados independientes se realiza en tres tiempos:

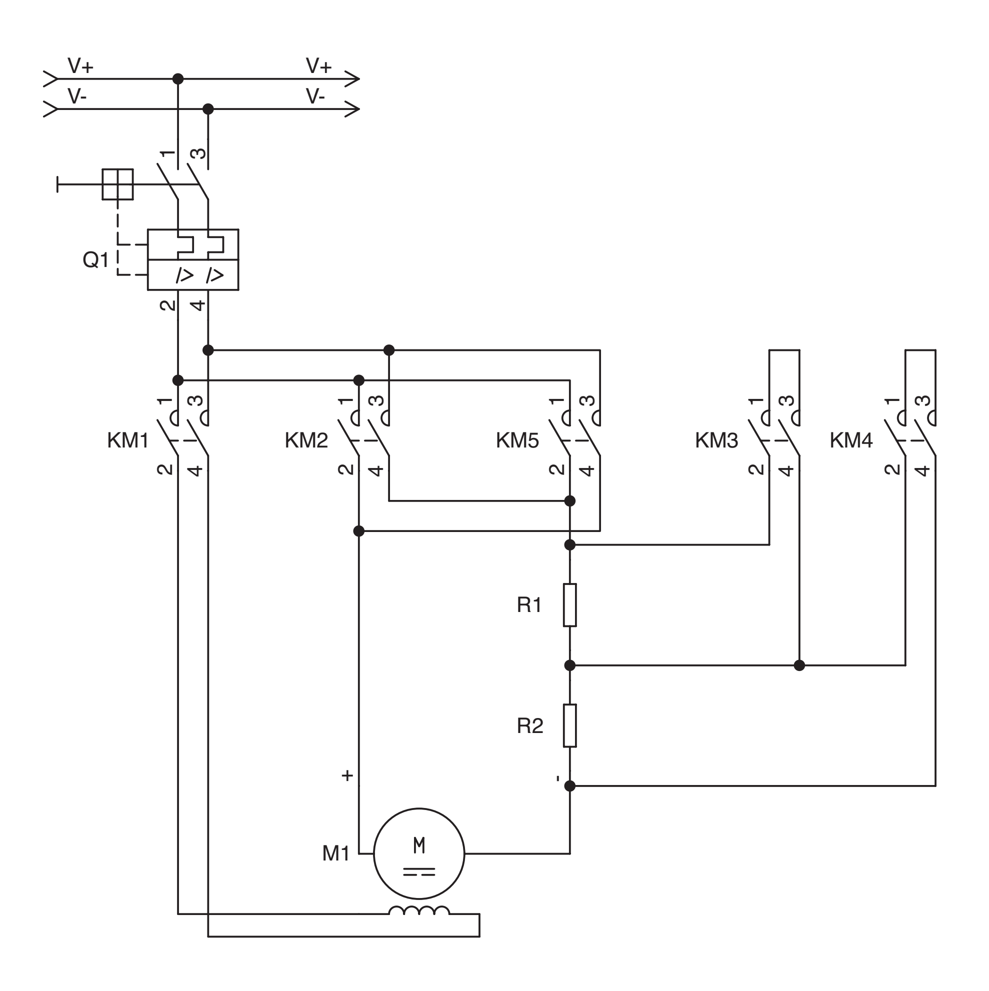
1er tiempo: se activan los contactores KM1 y KM2, alimentando los dos devanados de la máquina. El inductor de forma directa y el inducido a través de las resistencias de potencia R1 y R2, disminuyendo así la corriente del arranque.

2º tiempo: se mantienen activados KM1 y KM2 a la vez que lo hace el contactor KM3, cortocircuitando así la resistencia R1.

3er tiempo: se mantienen los contactores activados anteriormente y se acciona el KM4, cortocircuitando así el último bloque de resistencias R2. En esta situación, los dos devanados del motor quedan conectados directamente a la red de alimentación sin resistencias.

El circuito de mando utiliza pulsadores de marcha y paro para la puesta en marcha y parada de la máquina, además de un circuito basado en temporizadores que activan los contactores KM3 y KM4 de forma secuencial después de un tiempo. Si el motor requiere inversión del sentido de giro, es necesario hacer el cambio de polaridad en los bornes del inducido. Por tanto se ha de disponer de otro contactor (KM5) para realizar dicha tarea.

Así, siempre que arranque en cualquiera de los sentidos, se ha de realizar la eliminación de resistencias en los tiempos que se han visto anteriormente.



→ **Figura 7.40.** Esquema de fuerza para la inversión del sentido de giro de un motor de corriente continua.

El circuito de mando tiene dos partes, por un lado la encargada de realizar la inversión mediante los pulsadores S2 y S3 y por otro el circuito temporizado para la eliminación de resistencias. El contactor KM1 que alimenta el inductor debe activarse cuando lo hace cualquiera de los contactores que intervienen en la inversión del sentido de giro (KM2 y KM5).

↑ **Figura 7.41.** Esquema de mando para la inversión del sentido de giro de un motor de corriente continua.

ACTIVIDADES

3. Dibuja los esquemas de mando y fuerza para el arranque condicionado de tres motores. Dos son de corriente continua con devanados independientes y el tercero es trifásico de corriente alterna con rotor en cortocircuito.

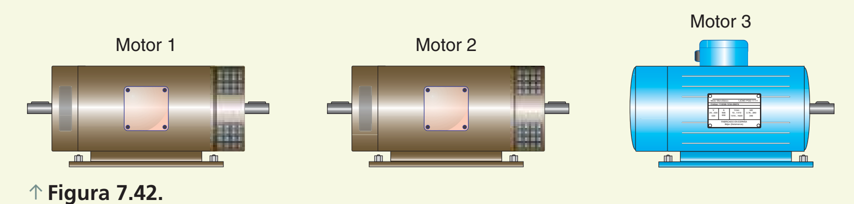
Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

a) El segundo motor de CC solamente puede ponerse en marcha cuando el motor 1 ha arrancado por completo.

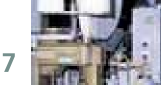
b) Si alguno de los motores de corriente continua está en funcionamiento, el motor de corriente alterna no puede ponerse en marcha y viceversa.

c) El arranque de los motores de corriente continua debe hacerse por eliminación de resistencias en 2 tiempos.

d) El motor de corriente alterna se arranca de forma directa a través de un contactor.



↑ **Figura 7.42.**

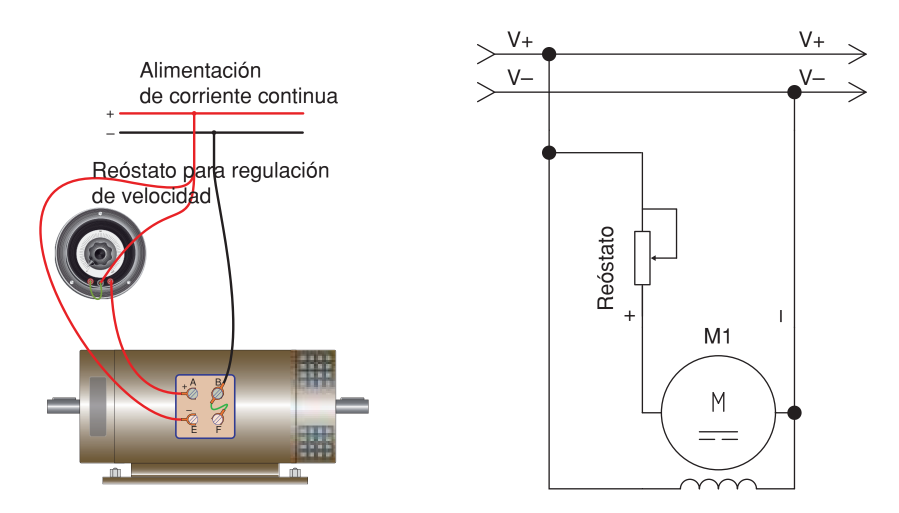


4. Regulación de velocidad en motores de corriente continua

Con el motor en marcha, si se varía la corriente en uno de los devanados, se varía también la velocidad de giro de la máquina.

4.1. Regulación de velocidad reóstatica

La forma clásica de regular la velocidad en un motor de corriente continua es insertando en serie con uno de los devanados un reóstato de potencia adecuada. Si bien esta forma es sencilla y eficaz desde el punto de vista eléctrico, no lo es tanto desde el punto de vista del montaje y la instalación, ya que se requieren voluminosos dispositivos como los reóstatos de regulación.



↑ **Figura 7.43.** Conexión de un reóstato para variar la velocidad de un motor de corriente continua.

Si el reóstato se conecta en el circuito del inducido, la regulación de velocidad se realiza a par constante. Sin embargo, si se conecta en el circuito inductor, se dice que la regulación se realiza a potencia constante.

4.2. Regulación por variadores de velocidad

La regulación de velocidad reostática está siendo sustituida por métodos más modernos y versátiles basados en circuitos de electrónica de potencia.

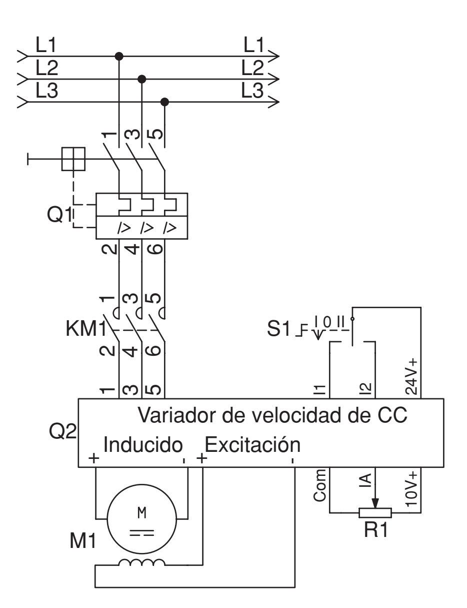
En el mercado existen los denominados **variadores de velocidad** para motores de corriente continua, que permiten regular de forma suave, por medio de un pequeño potenciómetro, la corriente de uno de los devanados y por tanto, la velocidad del motor.

De igual forma que los variadores de velocidad de corriente alterna, los de corriente continua disponen de entradas lógicas, desde las que se puede gestionar la marcha y parada, la inversión del sentido de giro, el JOG y el frenado de la máquina.

La alimentación del variador se realiza desde la red eléctrica (monofásica o trifásica) de corriente alterna. El propio dispositivo es el encargado de generar la corriente continua para la alimentación de los devanados del motor.



↑ **Figura 7.44.** Variador de velocidad de corriente continua (TELEMECANIQUE).



↑ **Figura 7.45.** Esquema de conexión de un variador de velocidad para motor de CC.

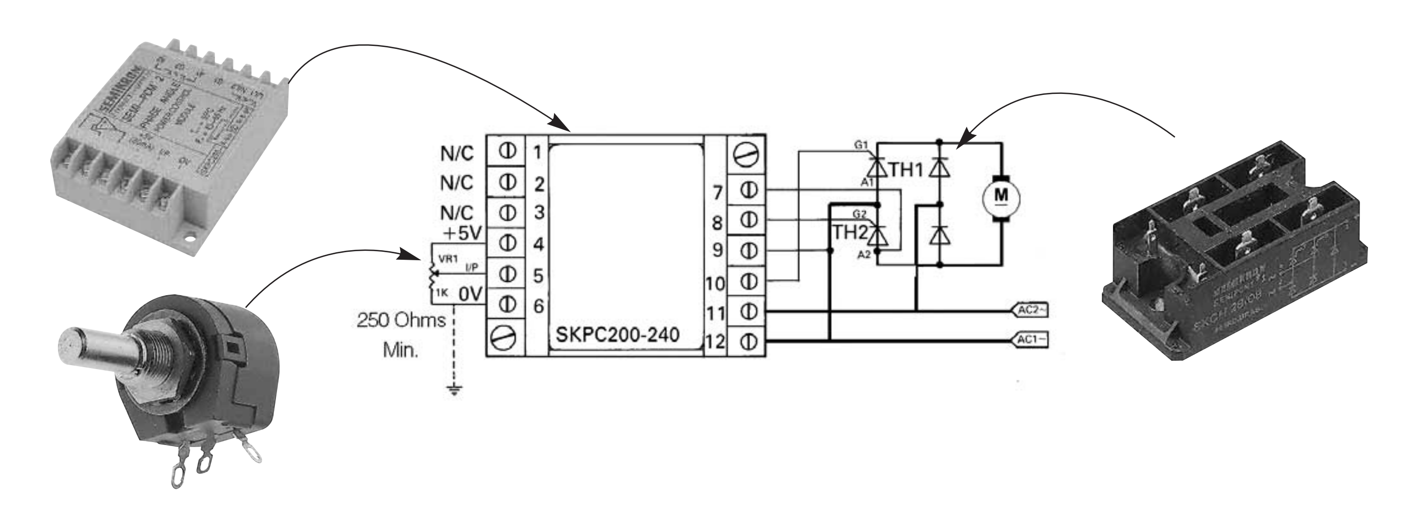
4.3. Regulación de velocidad mediante rectificadores semicontrolados

Otra forma de regular la velocidad de motores de corriente continua consiste en utilizar rectificadores de potencia semicontrolados basados en tiristores.

El rectificador semicontrolado se utiliza para regular la corriente del inducido, que a su vez debe estar conectado a un equipo de disparo o de control, al cual se le conecta el potenciómetro de regulación.

La excitación, sin embargo, debe estar conectada a una fuente fija de alimentación en corriente continua.

Esta forma es más económica que el uso de variadores de velocidad, pero requiere más cableado entre los elementos que intervienen en el circuito.

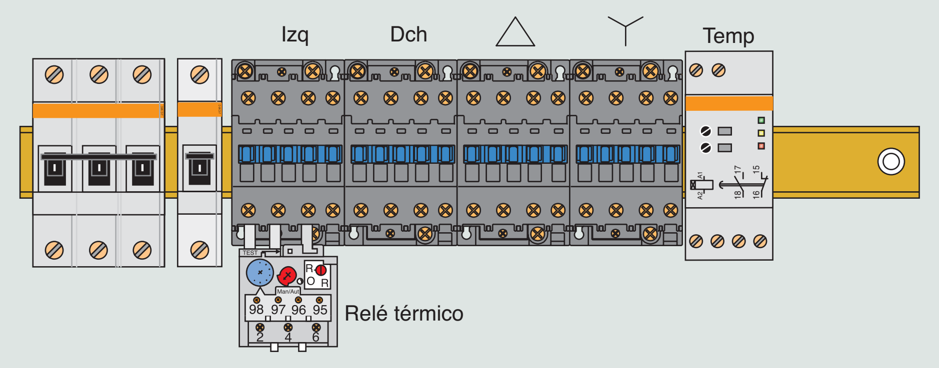


↑ **Figura 7.46.** Regulación de velocidad mediante rectificadores semicontrolados.

ACTIVIDADES FINALES

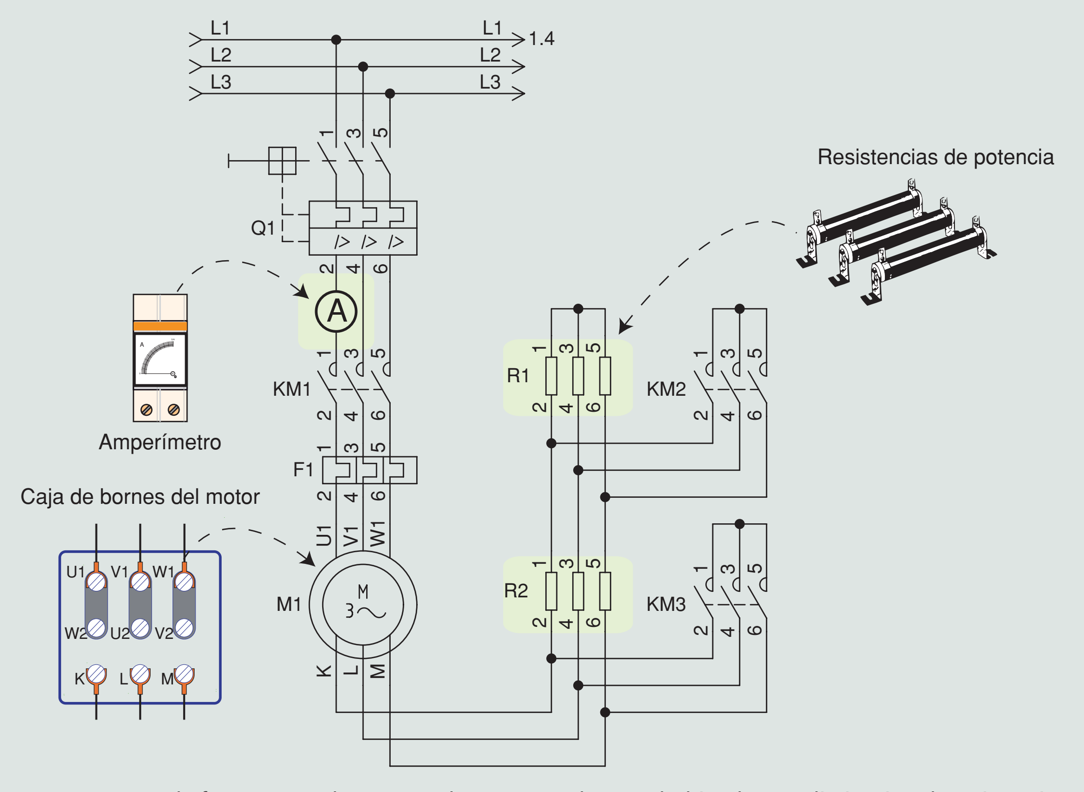
1. Realiza la actividad propuesta en la Práctica Profesional de esta unidad. Observa qué ocurre con la corriente y el ruido del motor en los diferentes tiempos del arranque.

2. Estudia los circuitos de fuerza y mando que aparecen en las figuras 7.7 y 7.8 de esta unidad, y sobre el panel de pruebas, realiza el montaje para la inversión del sentido de giro de un motor trifásico con arranque estrella-triángulo temporizado.

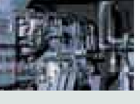


↑ **Figura 7.47.** Detalle de ubicación de contactores en el panel de pruebas.

3. Utilizando los esquemas de mando y fuerza, que aparecen en la figura 7.11, para el arranque de un motor de rotor bobinado por eliminación de resistencias rotóricas, realiza el montaje sobre el panel de pruebas y comprueba su funcionamiento. De igual forma que las actividades anteriores, conecta un amperímetro en una de las fases para observar la corriente en el momento del arranque.

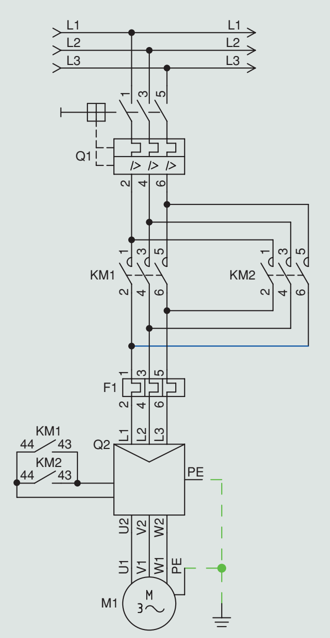


↑ **Figura 7.48.** Esquema de fuerza para el arranque de un motor de rotor bobinado por eliminación de resistencias.

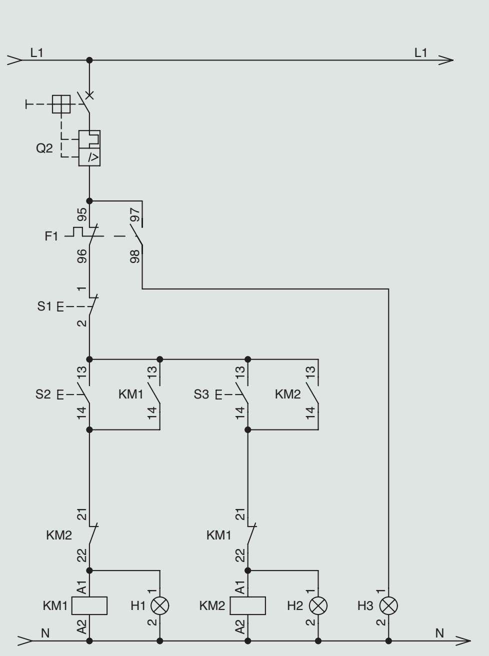


■ 4. Basándote en los siguientes esquemas de mando y fuerza, monta sobre el panel de pruebas el circuito para la inversión del sentido de giro de motor trifásico de inducción con rotor en jaula de ardilla, a través de un arrancador progresivo.

El arrancador debe activarse y desactivarse, a través de su entrada lógica de puesta en marcha, desde el circuito de mando del inversor.

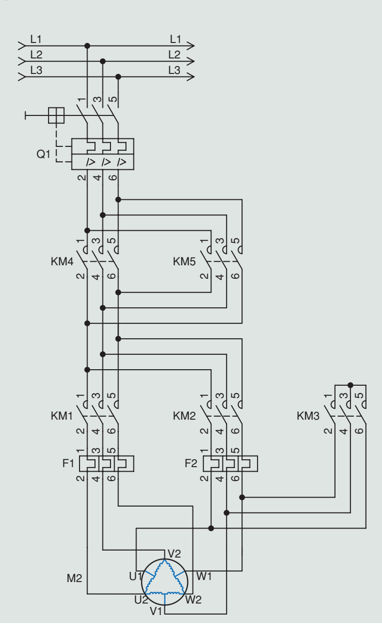


↑ **Figura 7.49.** Esquema de fuerza.



↑ **Figura 7.50.** Esquema de mando

■ 5. Sabiendo que el esquema de fuerza para invertir el sentido de giro de un motor Dahlander de dos velocidades es el de la siguiente figura, dibuja el circuito de mando, realiza el montaje completo sobre el panel de pruebas y comprueba su funcionamiento.

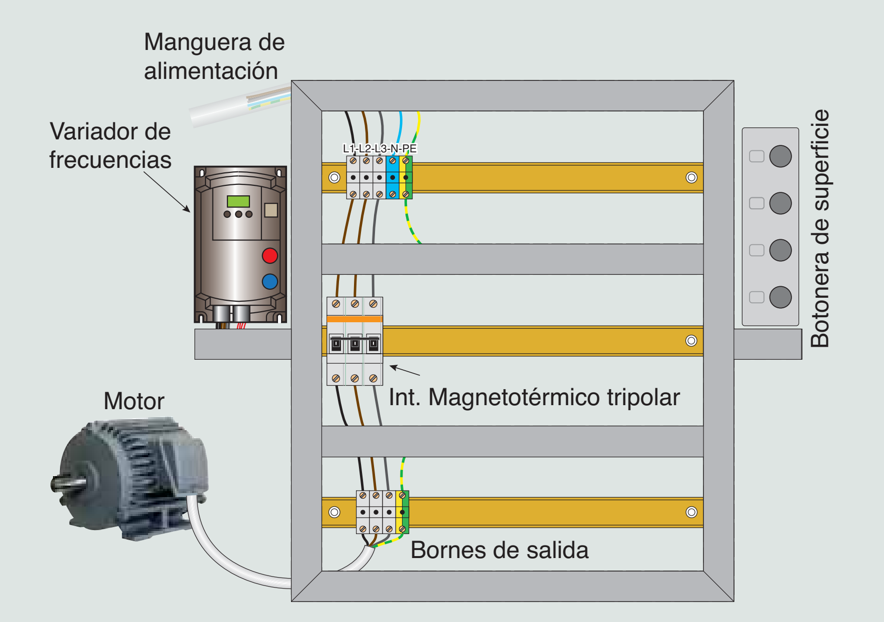


← **Figura 7.51.** Esquema de fuerza para la inversión el sentido de giro de un motor Dahlander de dos velocidades.

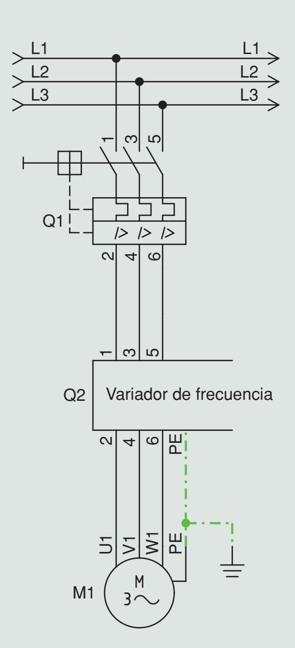
ACTIVIDADES FINALES (cont)

6. Sobre el panel de pruebas, monta el circuito para el arranque de un motor con devanados separados (Part Winding). Conecta un amperímetro en el circuito de fuerza y comprueba lo que ocurre en el momento del arranque. Los esquemas de mando y fuerza son los de la figura 7.14 de esta unidad.

7. Sobre el panel de pruebas, instala un variador de frecuencia (monofásico o trifásico) y una botonera de superficie para cuatro elementos, tal y como se muestra en la figura. Cablea el circuito de fuerza siguiendo el esquema de fuerza y realiza las actividades propuestas.



↑ **Figura 7.52.** Ubicación de los elementos en el panel de pruebas.



↑ **Figura 7.53.** Esquema de fuerza.

Cablea las entradas lógicas y programa el variador para realizar lo siguiente:

a. Poner en marcha e invertir el sentido de giro del motor mediante un conmutador rotativo de tres posiciones a través de las entradas lógicas I1 e I2. Programar y probar el arranque del motor con diferentes rampas de aceleración y deceleración (figura 7.53).

b. Sobre el montaje anterior, añadir dos interruptores a otras dos de las entradas lógicas (I3 e I4) del variador y programarlo para conseguir mediante la combinación de ellos diferentes velocidades preseleccionadas (figura 7.54).

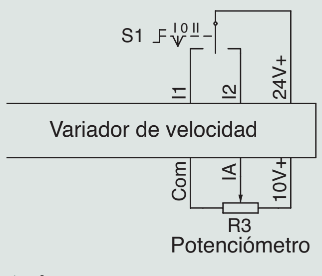
c. Sobre el montaje de la primera actividad, instalar 2 pulsadores normalmente abiertos en las entradas lógicas I3 e I4 y programar el variador para que dichas entradas hagan las funciones del JOG y de frenado por inyección de corriente continua (figura 7.55).

d. Utilizando la configuración de la actividad anterior, configurar el variador para que con los dos pulsadores conectados a I3 e I4 se pueda incrementar y decrementar progresivamente la velocidad del variador (figura 7.55).

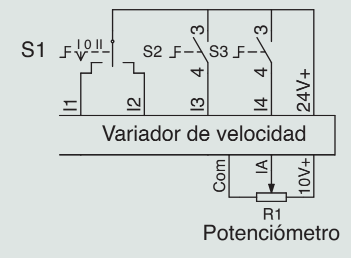
e. Sustituir el interruptor rotativo de las entradas I1 e I2 por dos pulsadores y añadir otro más a la entrada I3. Uno será para la parada, otro para la marcha en un sentido y el tercero para la marcha en sentido contrario (figura 7.56).



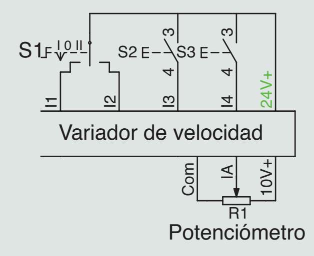
IMPORTANTE: Es necesario que consultes el manual del variador de velocidad, para conocer cuáles son y cómo se configuran los parámetros que permiten elegir el tipo de funcionamiento de las entrada lógicas. Es posible que tu variador no permita realizar todas las funciones aquí descritas.



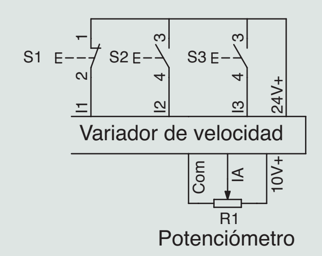
↑ **Figura 7.54.**



↑ **Figura 7.55.**



↑ **Figura 7.56.**



↑ **Figura 7.57.**

■ 8. Sobre el panel de pruebas:

a. Realiza el montaje para arrancar un motor de corriente continua por eliminación de resistencias en el inducido. Los esquemas, de mando y fuerza, están representados en la figura 7.39 de esta unidad.

b. Conecta un reóstato en serie con el inducido y comprueba como varia la velocidad del motor.

c. Monta en el circuito de fuerza y mando los elementos necesarios para realizar la inversión del sentido de giro del motor de corriente continua. Los esquemas de mando y fuerza son los de la figura 7.40 de esta unidad.

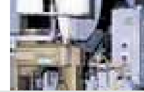
d. Monta el variador de velocidad para el motor de corriente continua. Cambia diferentes parámetros (rampa de aceleración, deceleración, frenado, afectación de entrada lógicas, etc) y comprueba su funcionamiento.

entra en internet

■ 9. Localiza diferentes tipos de esquemas para el arranque de motores por la conexión Dahlander. ¿Cuántas posibilidades de conexión has encontrado?

■ 10. Descarga diferentes catálogos de variadores de velocidad para motores de corriente alterna. Observa los esquemas de conexión y comprueba que todos se conectan de forma similar. Algunos modelos permiten la conexión de resistencias de potencia ¿para qué sirven?

■ 11. Localiza esquemas de otras formas de arrancar motores de Inducción para evitar la sobrecorriente en el momento del arranque.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas anteriores
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tripolar
- Un magnetotérmico monopolar
- Cable de línea de 1,5 mm²
- Cable de línea de 2,5 mm² + 1 m de hilo rígido de la misma sección
- Manguera de 3 + N + PE x 2,5 mm²
- Manguera de 3 + PE x 2,5 mm²
- Una botonera de superficie para tres elementos
- Una botonera de superficie para cuatro elementos
- Tres pulsadores para cuadro
- Cuatro pilotos de diferentes colores para cuadro tres contactores con bobina a 230 V
- Un relé térmico adecuado para la corriente nominal del motor
- Motor trifásico de 400 V y de menos de 1 kW de potencia
- Un amperímetro analógico para fijar en raíl DIN normalizado
- Un temporizador a la conexión

Arranque estrella-triángulo de un motor trifásico

OBJETIVO

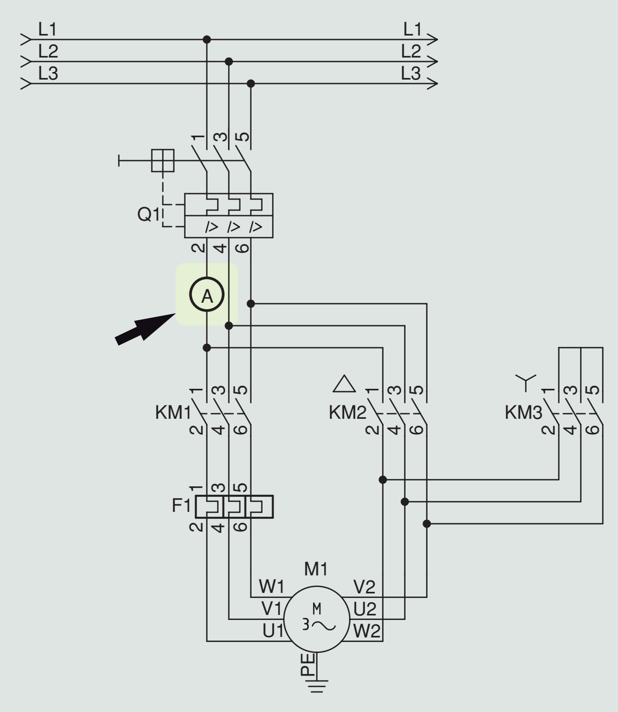
Realizar un automatismo (con dos variantes) para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico con rotor en cortocircuito.

PRECAUCIONES

- No manipular las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación
- No toques el eje del motor cuando esté girando.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.
- Para realizar este arranque, las chapas-puente de la caja de bornes de motor deben estar retiradas.

DESARROLLO

1. Copia y estudia el circuito de fuerza que aparece en esta unidad, para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico con rotor en jaula de ardilla. Dibuja donde conectarías un amperímetro para observar la corriente consumida por el motor.

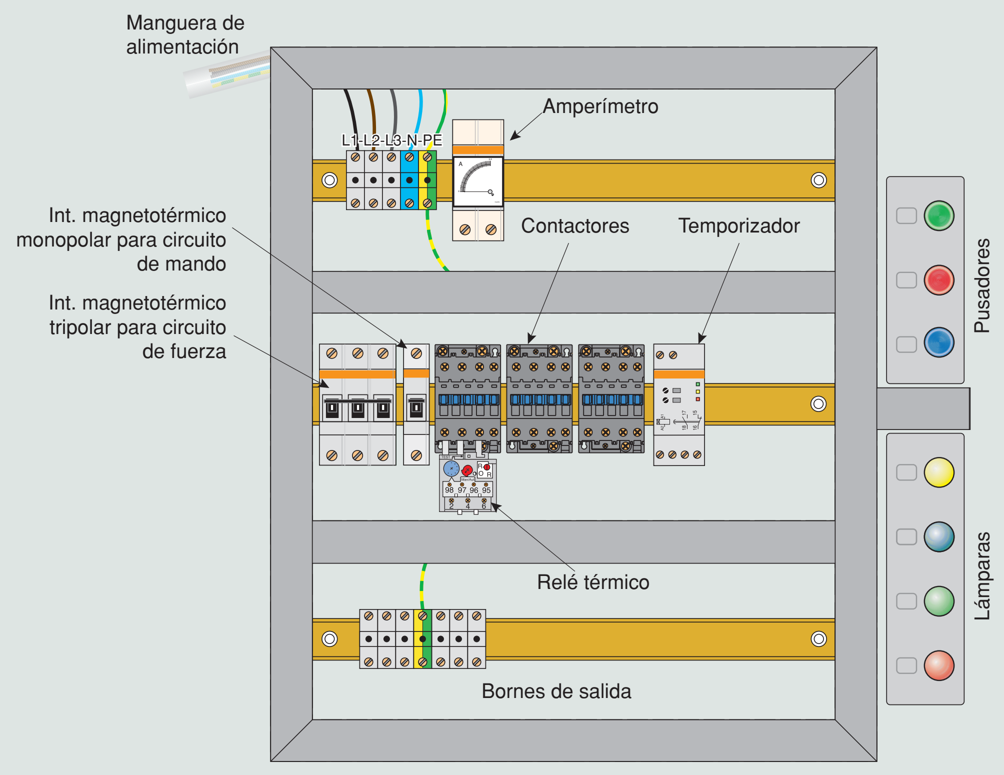


↑ **Figura 7.58.** Conexión del amperímetro en el circuito de fuerza.

2. Copia y estudia los circuitos mando, que aparecen en esta unidad, para realizar este tipo de arranque. Inicialmente montarás y probarás el circuito para la conmutación manual entre estrella y triángulo. Posteriormente realizarás las adaptaciones necesarias en el circuito de mando para que dicha conmutación se realice de forma temporizada.

3. Retira todos los aparatos, utilizando el panel de pruebas de otras actividades, excepto los bornes de entrada y de salida.

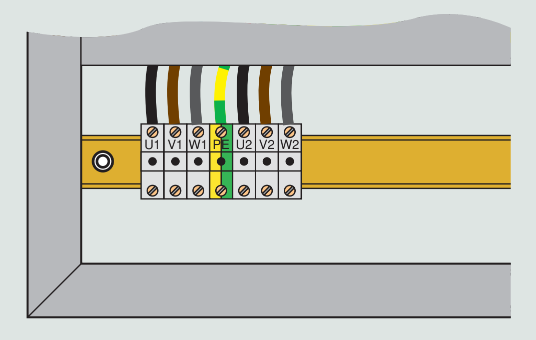
4. Coloca los elementos en el panel de pruebas como se muestran en la figura:



↑ **Figura 7.59.** Ubicación de elementos en el panel de pruebas.

5. Realiza el cableado (utilizando el cable de 2,5 mm^2) del circuito de fuerza.

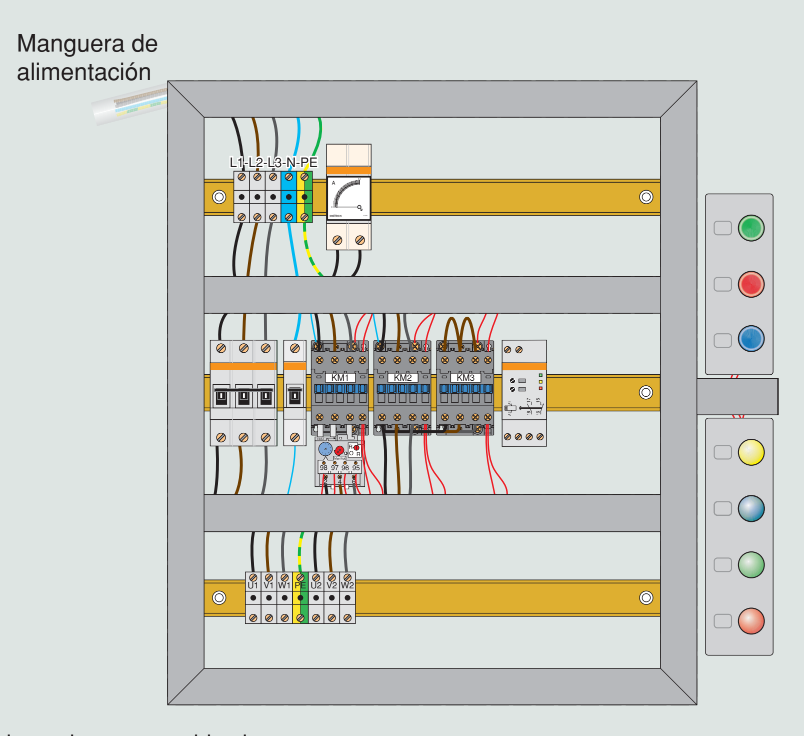
6. Ten especial precaución de etiquetar correctamente los bornes de salida al motor, ya que si esta conexión no ser realiza correctamente, no funcionará.



↑ **Figura 7.60.** Detalle de etiquetado de los bornes de salida al motor.

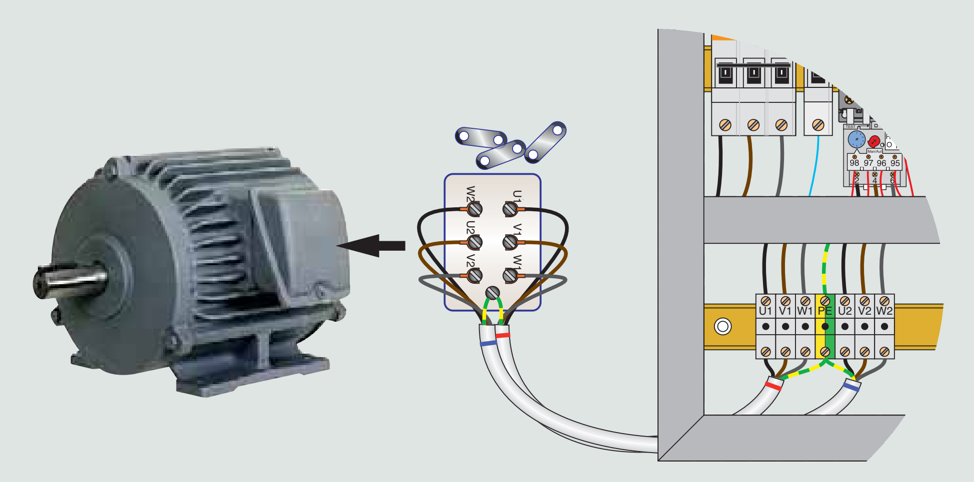
PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

7. Realiza el cableado (con cable de 1,5 mm²) del circuito de mando para la conmutación manual mediante pulsadores. En este montaje, no es necesario utilizar el temporizador.



↑ **Figura 7.61.** Panel completamente cableado.

8. Mediante dos tramos de manquera 3 + PE x 2,5 mm², conecta la caja de bornes del motor con los bornes de salida del panel de pruebas. Recuerda que debe retirar previamente las chapas-puente de la caja de bornes del motor.

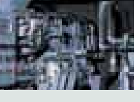


↑ **Figura 7.62.** Detalle de la conexión de bornes del motor con los bornes de salida del panel de pruebas.

9. Tapa la caja de bornes del motor.

10. Tapa todas las canaletas.

11. Acciona los interruptores magnetotérmicos.



1ª Prueba

12. Acciona el pulsador de marcha S2 y comprueba que el motor arranca en estrella.

13. Observa qué ocurre con el amperímetro.

14. Después de un par de segundos, acciona el pulsador S3. El motor debe pasar a la conexión triángulo.

15. Escucha el ruido del motor. Debes notar un ruido diferente al de la conexión en estrella.

16. Observa ahora el amperímetro que debe marcar más corriente que en el paso anterior.

17. Acciona S1 para parar el motor.

18. Repite las operaciones anteriores hasta que diferencies claramente lo que ocurre con la corriente en el arranque y el ruido del motor.

2ª Prueba

19. Con el motor parado, acciona el pulsador S3.

20. Manteniendo la presión sobre dicho pulsador, acciona el pulsador de marcha S2.

21. En esta situación el motor arranca directamente en triángulo, produciéndose el pico de corriente característico.

3º Prueba

22. Con el panel de pruebas desconectado de la red eléctrica, desmonta el circuito de mando.

23. Copia y estudia el circuito de mando que aparece en la unidad, para realizar este tipo de arranque mediante un temporizador a la conexión.

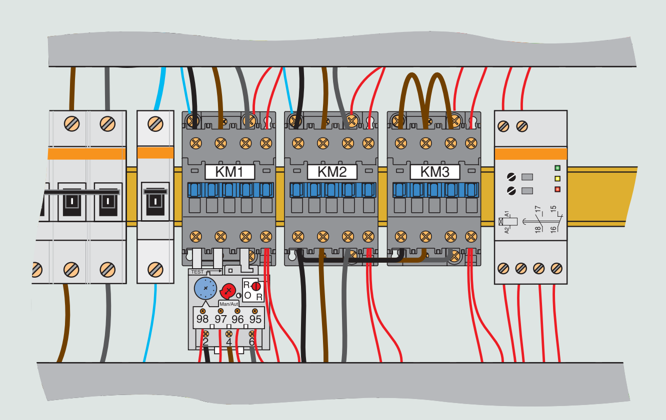


Figura 7.63. Detalle de la conexión del temporizador.

24. Utilizando cable de 1,5 mm^2, realiza el cableado del circuito de mando.

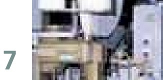
25. Conecta de nuevo el panel de pruebas a la red eléctrica.

26. Acciona el pulsador de marcha S2.

27. Comprueba que el motor arranca y realiza la conmutación a triángulo de forma automática.

28. Para el motor con S1.

29. Realiza varias veces los pasos de puesta en marcha y parada y observa que ocurre con la corriente y el ruido del motor en los dos tiempos del arranque.



MUNDO TÉCNICO

Variadores de velocidad en red

Muchos de los procesos industriales actuales se realizan con máquinas que están unidas mecánicamente y cuyo principal órgano de funcionamiento es un motor eléctrico. Para evitar que uno o más operarios tengan que controlar visualmente el correcto desplazamiento de productos entre ellas, es necesario unirlas eléctricamente a través de su circuito de control. Esto permite transmitir consignas de funcionamiento entre máquinas, evitando fallos y atascos y facilitando así la coordinación en la fabricación y el almacenamiento de los productos terminados.

En los últimos años los variadores de velocidad, tanto de corriente continua como de alterna, se están utilizando en todo tipo de aplicaciones industriales. En algunos casos, incluso se instalan para alimentar motores que no necesitan inicialmente regular su velocidad de giro, pero con posibilidad de hacerlo en el futuro.

Conscientes de las necesidades de la industria, los fabricantes de variadores están dotando a estos accionamientos de numerosas posibilidades de comunicación con otros dispositivos utilizados en las instalaciones de automatismos industriales, permitiendo de esta manera una perfecta coordinación entre las diferentes células de fabricación de un proceso industrial.

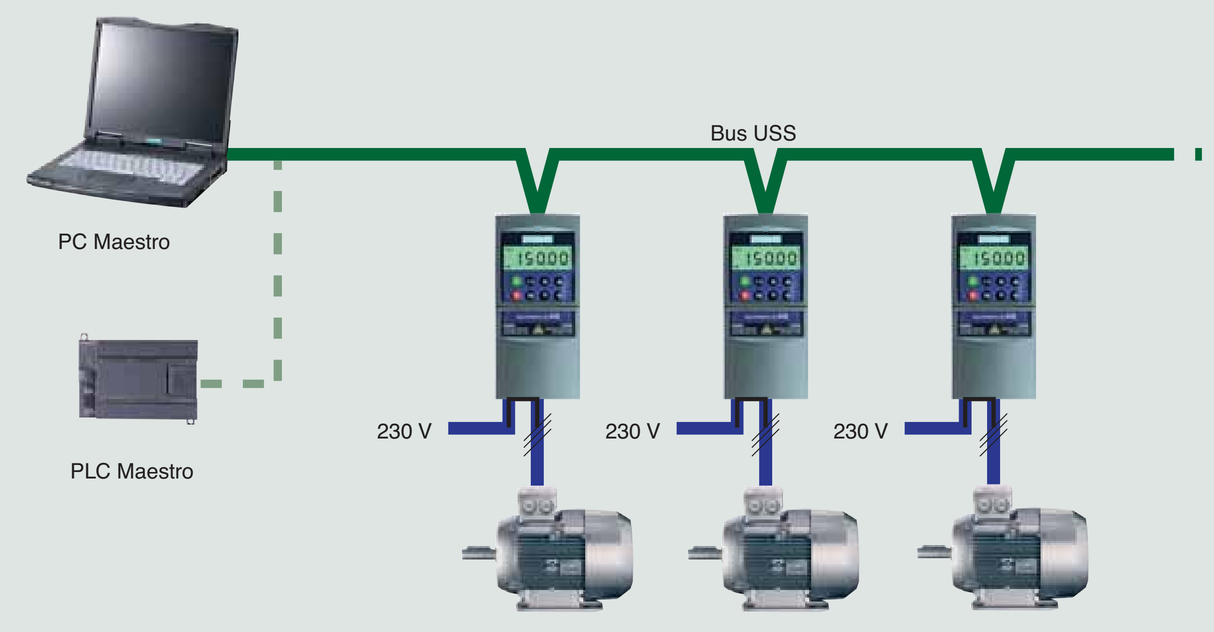
Estos son algunos de los sistemas más utilizados para la comunicación entre variadores de velocidad y otros elementos inteligentes del sistema.

Buses propietarios

Son sistemas propios de cada fabricante. En ellos, se unen en red todos los variadores de una misma firma, a un dispositivo (PLC o PC) que hace las funciones de maestro.

Buses estándar (PROFIBUS, ASi,...)

En este tipo de redes se unen los variadores de velocidad, independientemente del fabricante, junto con otros dispositivos de campo, mediante un bus estandarizado como PROFIBUS o ASi.



↑ **Figura 7.64**

EN RESUMEN

CIRCUITOS PARA EL CONTROL DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Arranque

- Estrella/triángulo
- Devanados separados *(Part-winding)*
- Por resistencias rotóricas
- Mediante arrancadores progresivos

Frenado

- Por contracorriente
- Por inyección de corriente continua
- Por sistemas electromecánicos

Cambio de velocidad

- Por cambio de pares de polos
- Devanados independientes
- Conexión Dahlander
- Por cambio de frecuencia
  - Mediante variadores de frecuencia

CIRCUITOS PARA EL CONTROL DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Arranque

- Por eliminación de resistencias
- Por eliminación de resistencias con inversión de sentido de giro

Cambio de velocidad

- Regulación de velocidad reostática
- Mediante variador de velocidad
- Por rectificadores semicontrolados

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. **El arranque estrella/triángulo se hace para:**

a) Automatizar el arranque de un motor.

b) Para disminuir la potencia del motor.

c) Para disminuir la sobrecorriente en el arranque.

2. Para el arranque estrella/triángulo, las chapas-puente de la caja de bornes deben estar puestas:

a) Verdadero.

b) Falso.

3. El arranque por eliminación de resistencias rotóricas se realiza en motores________________________________

4. Los motores con devanados separados se conocen con la denominación inglesa: ________________________

5. Los arrancadores progresivos se utilizan para variar la velocidad de los motores de corriente alterna.

a) Verdadero.

b) Falso.

6. ¿Cuál es la expresión que define la velocidad de rotación de un motor de corriente alterna?__________________

7. Un motor de 2 polos girará a una velocidad de __________rpm y uno de 6 polos a________rpm

8. A un motor de 2 polos si se le ajusta la frecuencia de la red de alimentación a 60 Hz girará a_________rpm y si se le ajusta a 15 Hz lo hará a _________ rpm.

9. Para invertir el sentido de giro de un motor corriente continua:

a) Se cambian la polaridad en uno de sus devanados.

b) Se cambia la polaridad de la alimentación.

c) Se cambia la polaridad en ambos devanados.



8 Representación avanzada de esquemas

vamos a conocer...

1. Numeración de conductores
2. Regleteros o borneros
3. Representación de mangueras
4. Localización de elementos gráficos en los esquemas

PRÁCTICA PROFESIONAL

Montaje avanzado de circuitos de automatismos industriales

MUNDO TÉCNICO

Software de diseño electrotécnico

y al finalizar..

- Conocerás la forma de identificar los conductores y borneros en los circuitos de automatismos eléctricos.
- Conocerás los diferentes documentos que se incorporan a los proyectos de automatismos.
- Interpretarás adecuadamente todos los elementos que intervienen en los esquemas.
- Montarás y probaras diferentes circuitos de automatismos basándote en los documentos de un proyecto.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

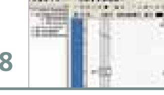
En una panificadora, existe una cadena de máquinas encargadas de transportar, agitar y cortar en raciones la masa. Dichas máquinas están conectadas mecánicamente en cascada. Sin embargo, los circuitos eléctricos de puesta en marcha son completamente independientes, no teniendo ningún funcionamiento condicionado entre ellos. Así, si una máquina del final de la cadena se detiene por atasco o avería, las demás siguen funcionando volcando el material sobre la máquina parada y produciendo situaciones de bloqueo, que deben resolver los operarios empleando parte de su jornada de trabajo.

El empresario ha encargado a un técnico automatista resolver el problema sin recablear todo el circuito. La máquina dispone de un dossier con todos los esquemas del sistema, el cual se debe tomar como base para implementar las nuevas condiciones de funcionamiento. Por tanto, se hace imprescindible que el técnico electricista conozca cómo interpretar adecuadamente toda la documentación que en él se encuentra (esquemas, borneros, mangueras, numeración de cables y regleteros, etc.). Además, una vez concluido el trabajo, se deben sustituir aquellas hojas que se han visto afectadas por las modificaciones. Por tanto, la nueva documentación debe adaptarse a la normativa vigente sobre representación de esquemas en proyectos de automatismos. Esto permitirá que en el futuro, el mismo técnico, o cualquier otro, puedan realizar adecuadamente las tareas de reparación y mantenimiento sin dificultad.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, podéis debatir sobre las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Si la documentación de la instalación eléctrica de la panificadora consta de 20 páginas, formada por esquemas similares a los que has visto en unidades anteriores, ¿crees que sería fácil de localizar cada uno de los elementos que en ella intervienen?
2. Como el número de cables utilizados en esta instalación puede ser elevado ¿crees que puede ser interesante etiquetar cada uno de ellos, para la posterior localización de averías y fallos en el circuito?
3. ¿Qué ventajas tiene la identificación y etiquetado de cada uno de los regleteros que intervienen en la instalación?
4. ¿Qué tipo de esquema utilizarías para mostrar los elementos que van fuera de los cuadros eléctricos?
5. En los esquemas para la alimentación de las máquinas de la panificadora, ¿cuáles son los elementos gráficos que representan los cables que salen del cuadro hacia los motores?



1. Numeración de conductores



↑ **Figura 8.1.** Numeración de conductores en un cuadro eléctrico.

Cuanto más complejo es el circuito de un automatismo, más necesaria se hace la identificación de todos y cada uno de los conductores (hilos) que en él intervienen.

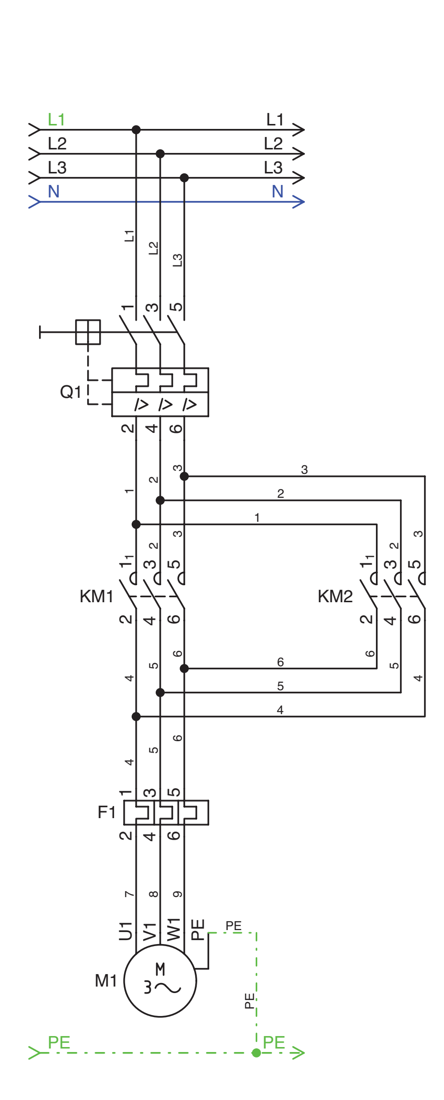
Para conseguir este fin se pueden utilizar diferentes métodos. El uso de unos u otros depende del criterio seguido por el técnico que proyecta el circuito de automatismos.

En el esquema, la identificación se hace escribiendo un pequeño número junto a cada uno de los conductores. Estos son algunos ejemplos.

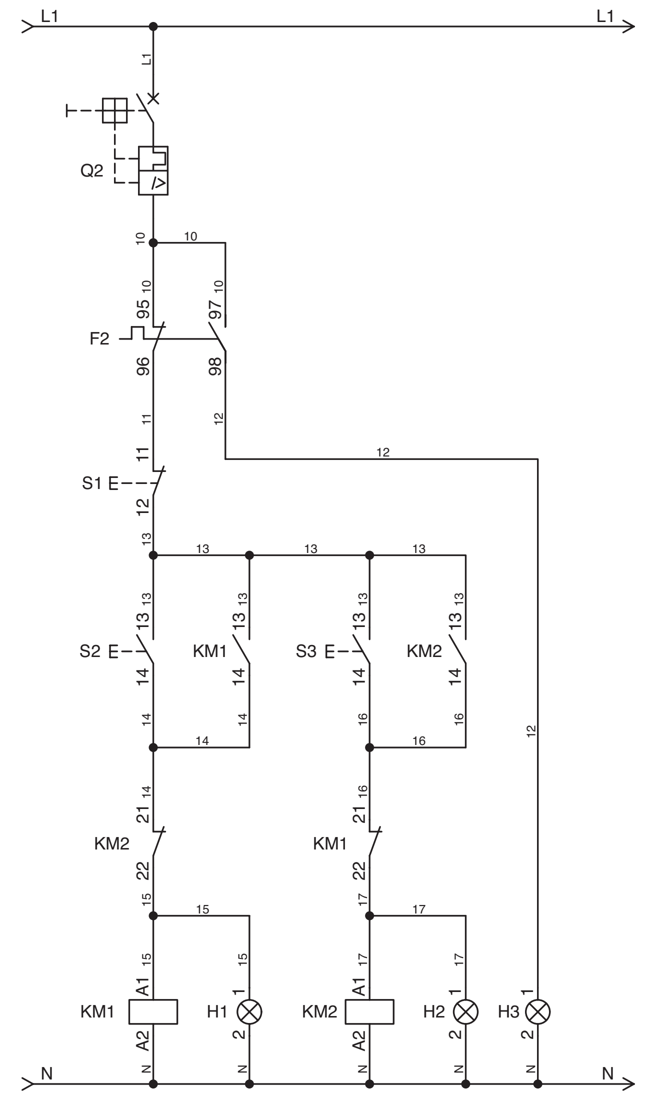
1.1. Primer método: numeración por potencial de conductores

Todos los cables que se encuentran al mismo potencial, es decir, en el mismo punto de conexión, se identifican con el mismo número.

Los cables de la red de alimentación se identifican como L1-L2-L3-N-PE.



↑ **Figura 8.2.** Esquema de fuerza

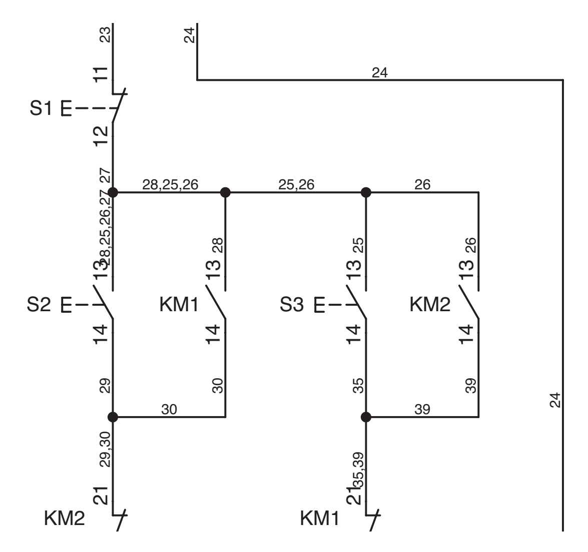


Esquema de mando.

1.2. Segundo método: numeración única de hilos

Es una forma de numeración más compleja que la anterior. Cada cable se identifica con un número único. La numeración se hace de forma consecutiva, empezando generalmente desde la izquierda de la página.

Aquellos cables que están al mismo potencial y que son terminaciones de la conexión se numeran con un número único. Sobre aquellos que pertenecen al mismo potencial, pero hacen de conexión de paso para otro conductor, se escriben todos los números de los cables que unen separados por comas.

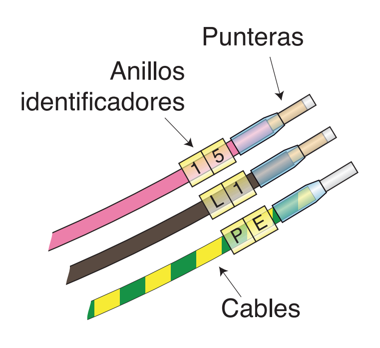


↑ **Figura 8.3.** Detalle de numeración única de hilos.

saber más

En el mercado existen diferentes sistemas para el marcado de terminales de conductores.

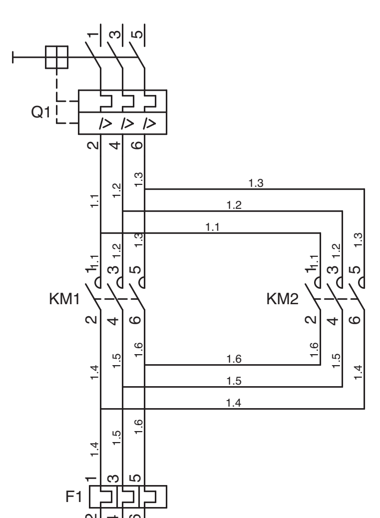
Uno de los más utilizados es el de sistema de anillas, en el que cada dígito se inserta de forma individual en el conductor.



↑ **Figura 8.4.** Anillas para la numeración de cables.

1.3. Tercer método: numeración de cables en diferentes páginas

Utilizando cualquiera de los métodos anteriores, si los esquemas del proyecto de automatismos disponen de varias páginas, es aconsejable etiquetar los conductores, indicando en cuál de ellas se encuentran. Para ello se escribe el número de página delante del identificador del conductor, separando ambos números por un signo (por ejemplo, un punto).



Los conductores de este circuito, numerados por potencial, pertenecen todos a la página 1 de esquema

↑ **Figura 8.5.** Detalle de numeración por potencial de conductores y número de página.



2. Regleteros o borneros

caso práctico inicial

La identificación y etiquetado de los regleteros facilita el conexionado de los dispositivos externos al cuadro eléctrico, tanto en las tareas de montaje como en las de mantenimiento y localización de averías.

Los regleteros (conjunto de bornes) se utilizan para conectar los elementos que están fuera del cuadro. En algunos casos, también pueden conectarse a ellos elementos que se encuentran en partes móviles (como ejemplo, la puerta) del propio cuadro.

En un regletero, dos son los elementos a identificar. Por una parte el propio regletero y por otra, cada uno de los bornes que lo forman.

El regletero se identifica con un código formado por la letra **X** y un número. Este último se puede establecer siguiendo estos criterios:

Método 1

- Formado grupos de regletas para circuitos similares. Por ejemplo: X1 líneas de fuerza, X2 líneas de alumbrado, etc.

Método 2:

- Dando el mismo identificador a todo un regletero de un cuadro. Por ejemplo: X1 cuadro general, X2 cuadro secundario planta baja, X3 cuadro secundario plata alta, etc.

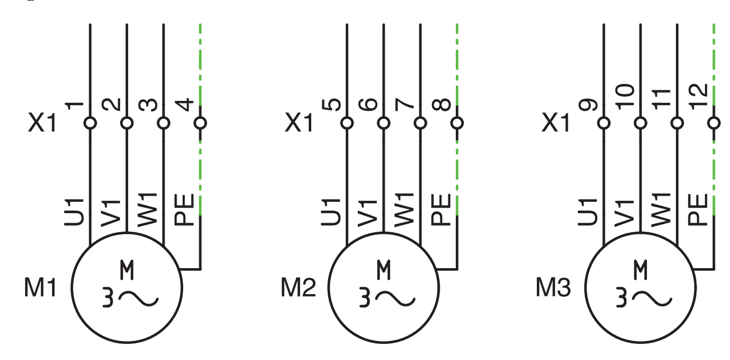
Cada borne se identifica con un número, que representa el orden que hace en el regletero. Por tanto, en un mismo regletero, no puede haber dos bornes con el mismo número.

En el ejemplo de la figura 8-7 hay un regletero (X1), el cual tiene 12 bornes que se utilizan para alimentar 3 motores eléctricos trifásicos.

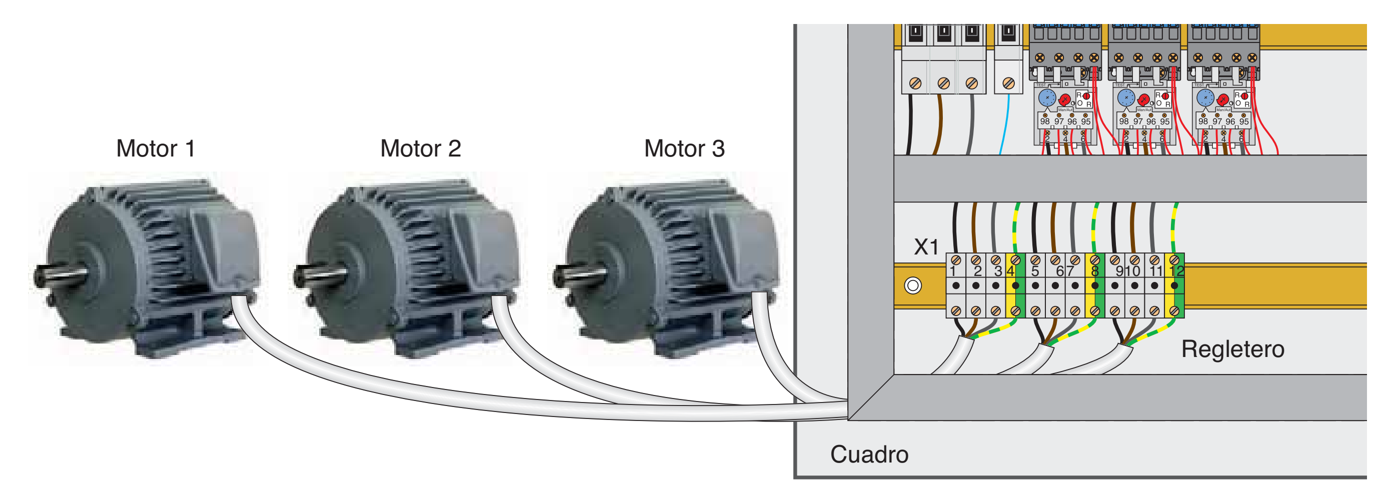




↑ **Figura 8.6.** Regleteros para la salida de cables de cuadros eléctricos.

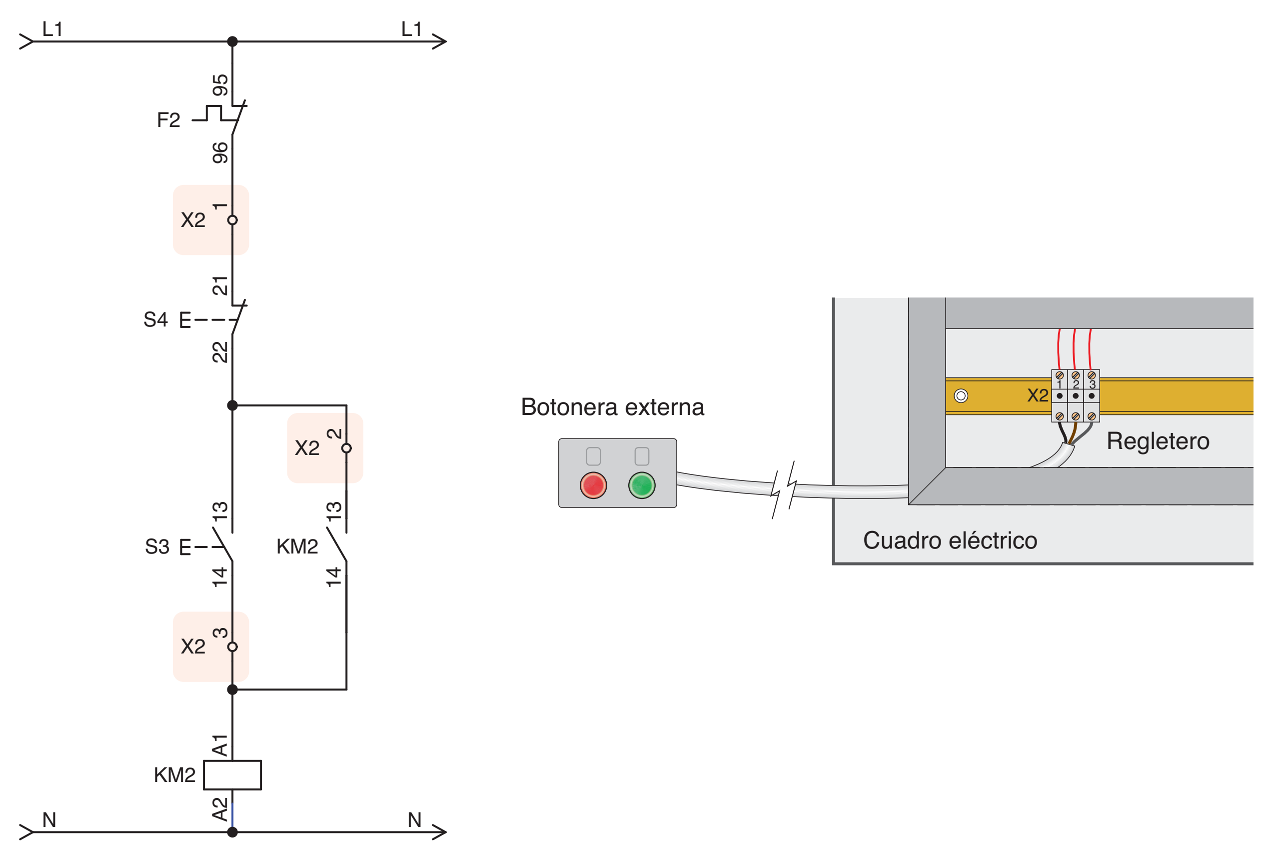


↑ **Figura 8.7.** Ejemplo numeración de regletero (X1) y sus bornes en esquemas de fuerza.



↑ **Figura 8.8.** Regletero para la conexión de los tres motores en el cuadro eléctrico.

En este otro ejemplo, el regletero X2 une, en el circuito de mando, una botonera externa, a través de tres bornes (1,2 y 3), con el cuadro eléctrico.



↑ **Figura 8.9.** Ejemplo de regletero para conectar elementos externos en el circuito de mando.

2.1. Esquemas de regleteros y listas de bornes

Los esquemas de regleteros, son listados textuales o gráficos que muestran qué elementos de un circuito (contactos, bobinas, lámparas, pulsadores, etc.) están conectados a cada uno sus bornes.

Estos esquemas facilitan el montaje del cableado que une el cuadro eléctrico con el exterior.

Cada borne se representa individualmente con un número. A su izquierda y a su derecha se referencian los elementos y bornes de estos elementos con los que se establece la conexión eléctrica. También se indica la numeración de hilos que llega por cada extremo. Si es necesario, se debe mostrar el número de página en la que dicho borne se encuentra en el proyecto.

En el siguiente circuito de mando (figura 8.10) hay un regletero denominado X2, que dispone 7 bornes.

En el esquema del regletero se representa el número de conductor que llega a cada extremo del borne y la procedencia (destino) del mismo. Así, se puede ver cómo el hilo número 2, procedente de contacto 21 del pulsador S1, está conectado al extremo izquierdo del borne número 1. Y el hilo 1, procedente del borne 96 del relé térmico F1, está conectado al extremo derecho del mismo borne.

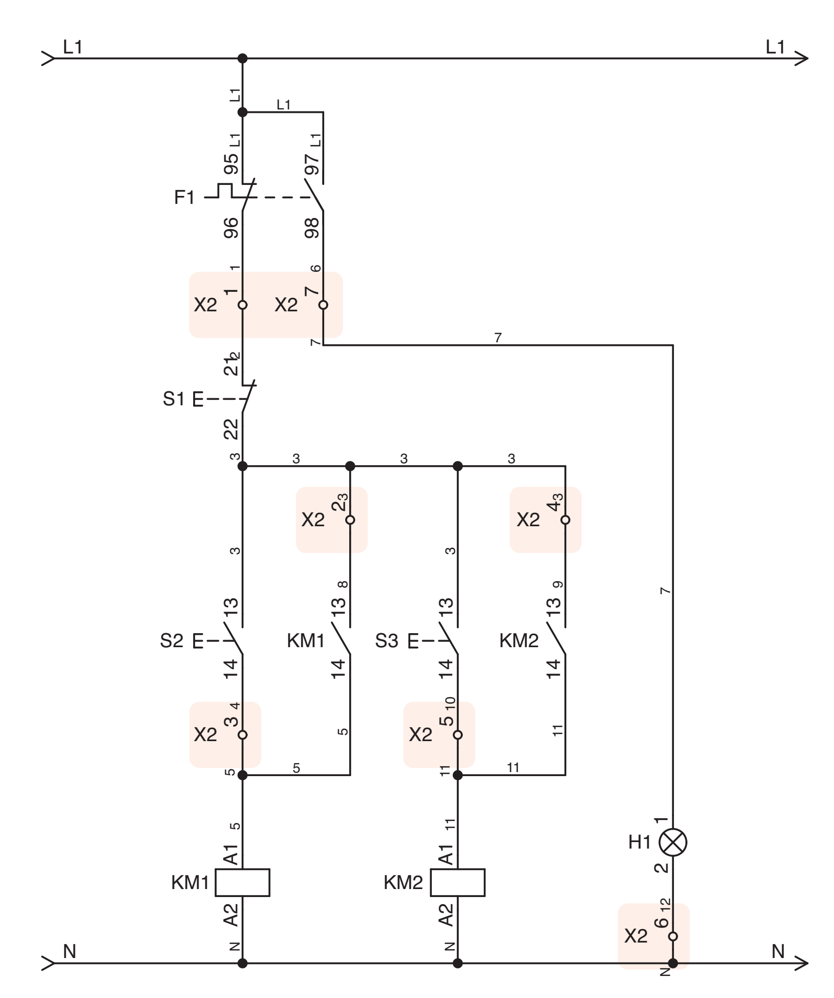
Los bornes que están unidos entre sí en el interior del cuadro, se representan con puentes.

saber más

En un proyecto de automatismos industriales, se deben representar los esquemas de todos los regleteros (tanto de fuerza como de mando) que intervienen en el circuito.

saber más

Los programas de CAD eléctrico tienen automatizada la elaboración de regleteros.



↑ **Figura 8.10.** Esquema de mando con bornes de regleteros.

Regletero X2

Números de hilos	Destino 1 (Interior del cuadro)	Nº de Borne	Destino 2 (Exterior del cuadro)	Números de hilos
1	F1:96	1	S1:21	2
8	KM1:13	2	S2:13 / S1:22	3
9	KM2:13	4	S2:13 / S3:13	3
5	KM1:A1	3	S2:14	4
11	KM2:A1	5	S3:14	10
N	N	6	H1:2	12
6	F1:98	7	H1:1	7

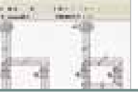
↑ **Figura 8.11.** Esquema de regletero para el circuito de manto anterior.

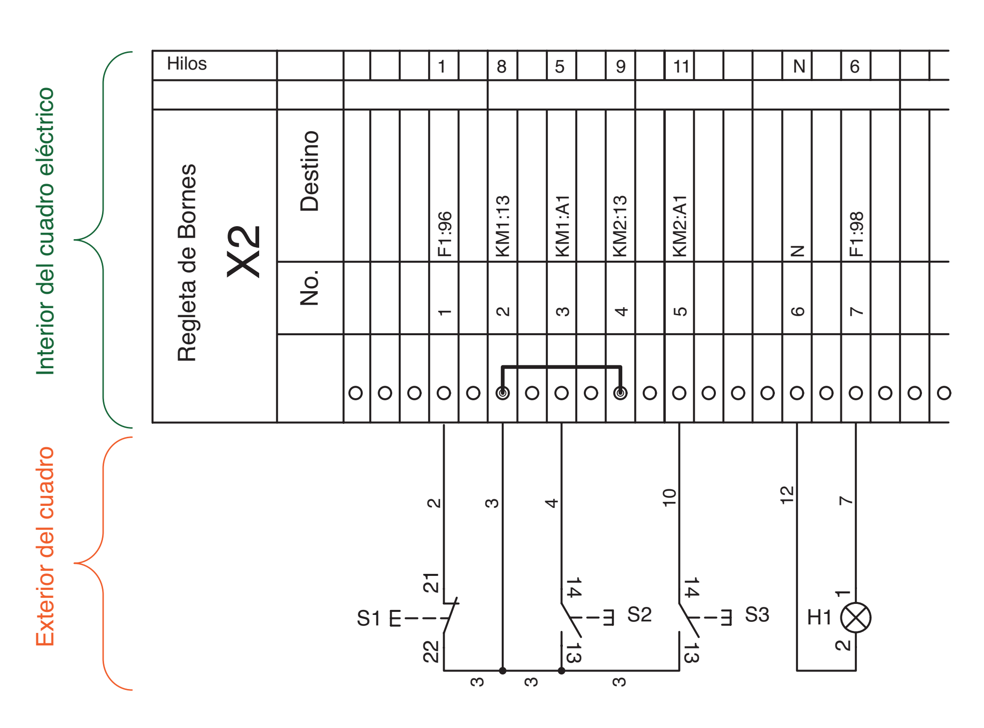
caso **práctico** inicial

El esquema de terminales es una buena forma de representar de forma gráfica los elementos que van fuera del cuadro eléctrico.

2.2. Esquemas de terminales

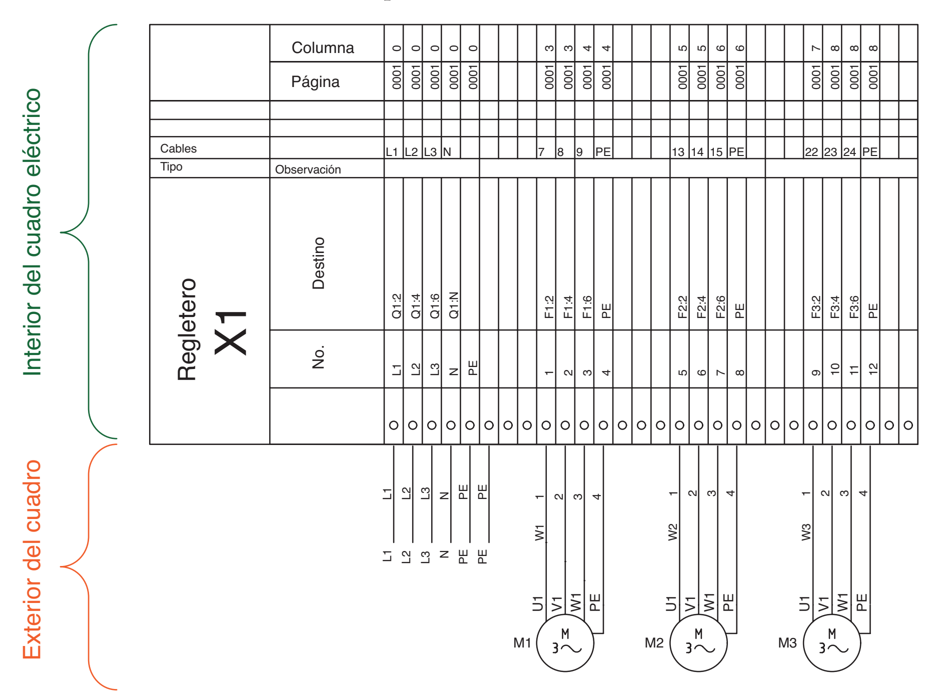
Los esquemas de terminales son similares a los esquemas de regleteros, con la diferencia que en ellos, además, se representan las conexiones de los elementos que se encuentran fuera del cuadro.





↑ **Figura 8.12.** Esquema de terminales para elementos de mando.

En la figura anterior se representa un esquema de terminales con los pulsadores y la lámpara que están fuera del cuadro eléctrico. En ella se muestra detalladamente a qué borne se conecta cada uno de estos elementos, el número del cable y el destino en el interior del cuadro para dicha conexión.



↑ **Figura 8.13.** Esquema de terminales para elementos de fuerza.

En el esquema anterior se representa la conexión de los elementos de fuerza a un regletero denominado X1.

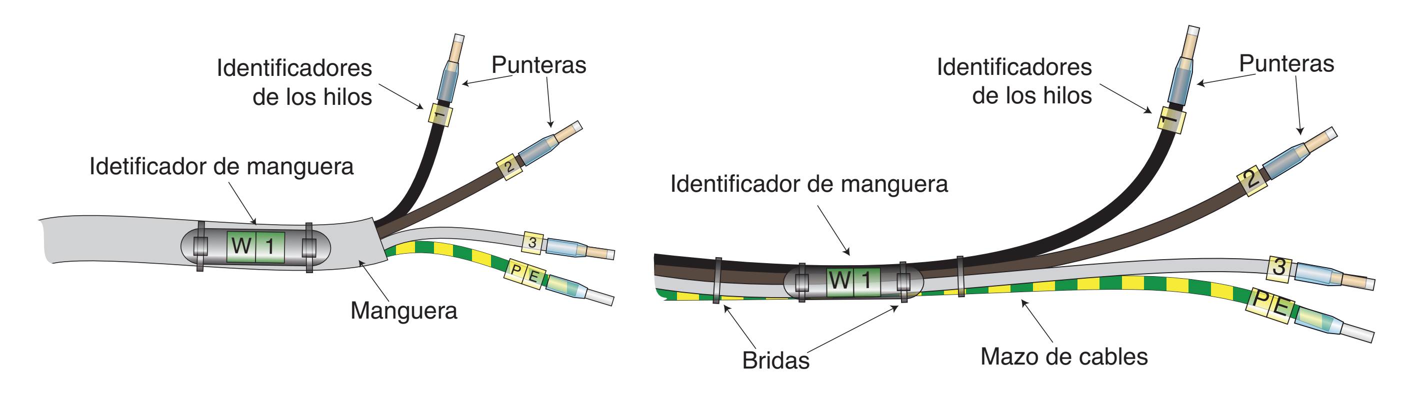
En la parte izquierda se muestra la conexión de la alimentación general, y en la parte derecha, las mangueras que conectan tres motores trifásicos.

saber más

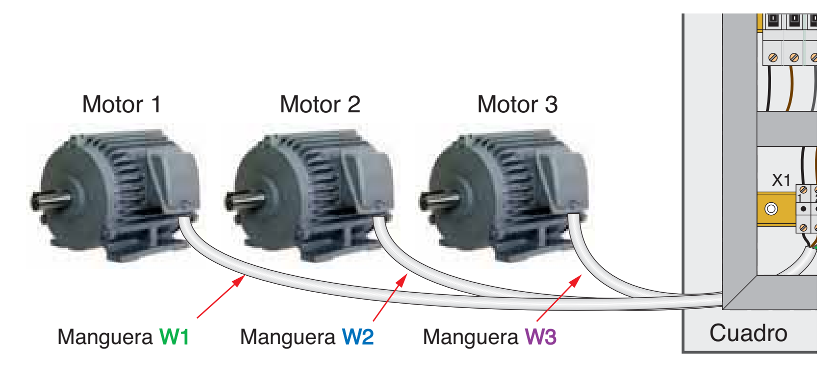
Disponer de los esquemas de regleteros, no solo facilita las tareas de montaje y cableado, sino que también lo hace en operaciones de mantenimiento y reparación.

3. Representación de mangueras

Manguera es un conjunto de conductores, que unidos por una misma funda, forman un mazo. La mangueras pueden encontrarse prefabricadas con un número de conductores fijo, 2, 3, 4, etc., o pueden crearse agrupando los cables con bridas o cinta helicoidal.



↑ **Figura 8.14.** Diferentes tipos de mangueras y los identificadores que conectan los receptores o elementos que se encuentran fuera del cuadro de automatismos.



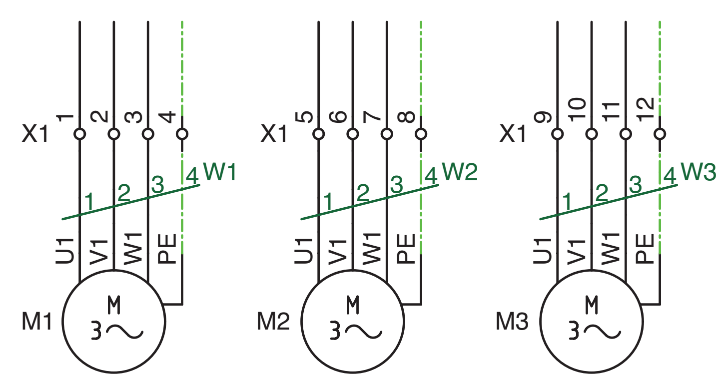
↑ **Figura 8.15**. Alimentación de motores mediante mangueras desde un cuadro de automatismos.

caso **práctico** inicial

Las mangueras permiten representar de forma gráfica el cableado que une lo motores eléctricos con el cuadro eléctrica.

Las mangueras se representan en el esquema con una línea oblicua, dibujada sobre los conductores que se encuentran en ella. Se identifican con la letra **W** seguida del número de orden que hace en el circuito. Opcionalmente se pueden numerar los conductores del interior de la manguera.

En el ejemplo de la figura 8.16, tres mangueras W1, W2 y W3 salen de los bornes del regletero X1 hacia los motores M1, M2 y M3 respectivamente.



↑ **Figura 8.16**. Representación de mangueras.

vocabulario

Español-Inglés

Borne: *terminal*

Bornero: *terminal block*

Manguera: *hose*

Referencias cruzadas: *cross references*

Plano: *plane*

Esquema: *schema*

Boceto: *sketch*

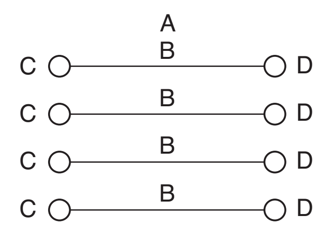


Esquemas de mangueras

Los esquemas de mangueras permiten identificar y localizar rápidamente las conexiones realizadas con ellas.

Cada manguera se representa por líneas paralelas, tantas como conductores alberga, terminadas en los extremos por pequeños círculos que representan el borne con el que conectan.

Su identificación se hace según la figura:

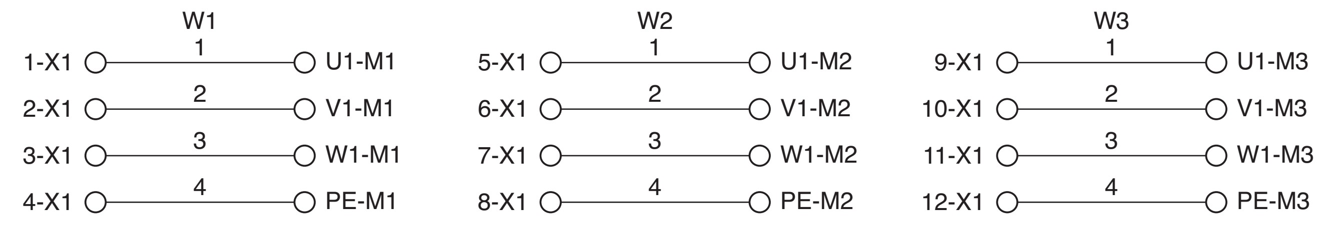


↑ **Figura 8.17**. Identificación de una manguera, en este caso de 4 conductores.

Donde:

- **A** es el número que la manguera hace en el proyecto con el identificador **W.**
- **B** es el número de conductor del interior de la manguera.
- **C** representa el borne y el elemento con el que conecta en un extremo.
- **D** representa el borne y el elemento con el que conecta en el otro extremo.

Por ejemplo, el esquema de mangueras para la conexión de los tres motores del ejemplo anterior es el siguiente:



↑ **Figura 8.18.** Esquema de mangueras para la alimentación de los tres motores.

En la manguera W1 de la figura, se observa que en un extremo se conecta con los cuatro primeros bornes de regletero X1 y en el otro con los 4 bornes del Motor 1 (M1). De forma similar se realiza la conexión de las manqueras W2 y W3, entre los demás bornes del regletero X1 y los motores M2 y M3 respectivamente.

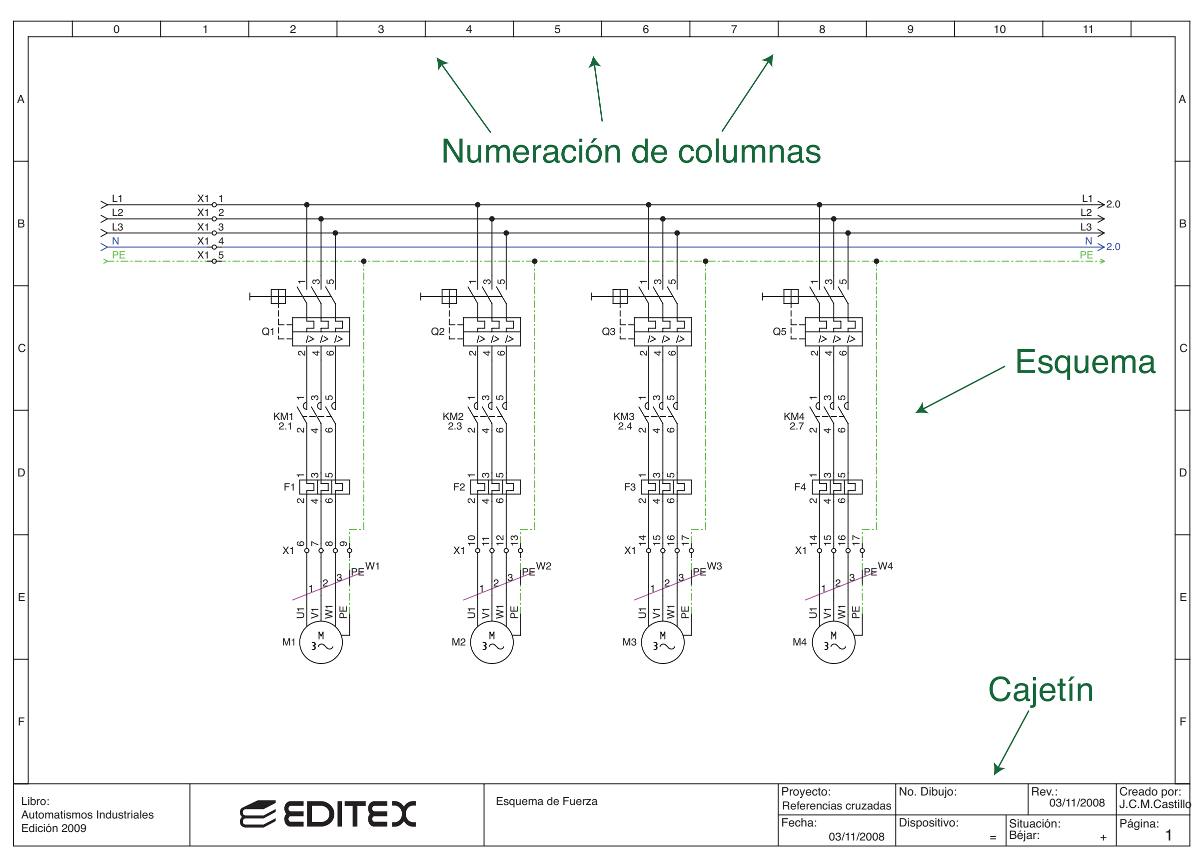
4. Localización de elementos gráficos en los esquemas

Cuando los proyectos de automatismos industriales ocupan varias páginas, se hace necesario disponer de herramientas gráficas que faciliten al operario la localización de todos y cada uno de los componentes que intervienen en los esquemas, tanto de fuerza como de mando.

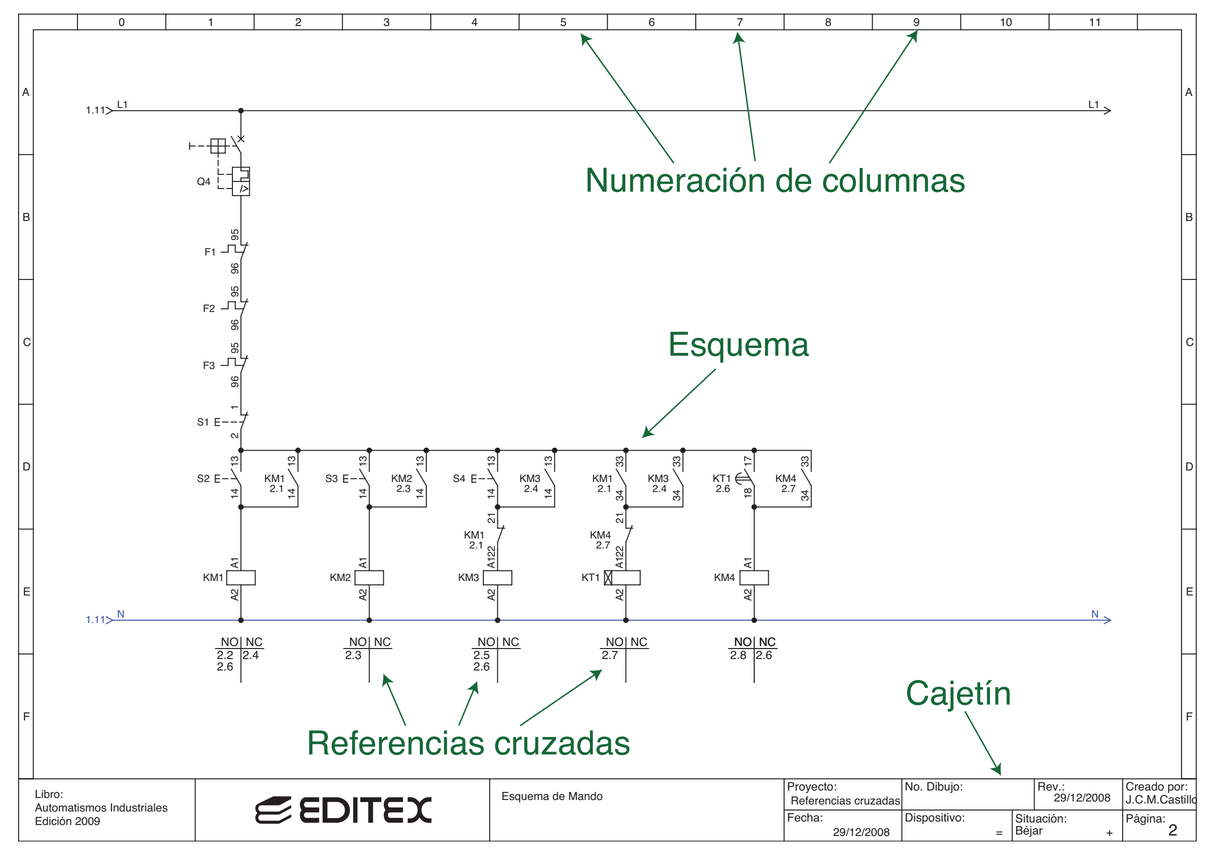
Las más utilizadas son las siguientes:

- División de la hoja del esquema por columnas.
- Referencias cruzadas (en forma de tabla o gráficas).





↑ **Figura 8.19.** Hoja 1 de un proyecto de automatismos con localizadores de elementos por columnas y referencias cruzadas.

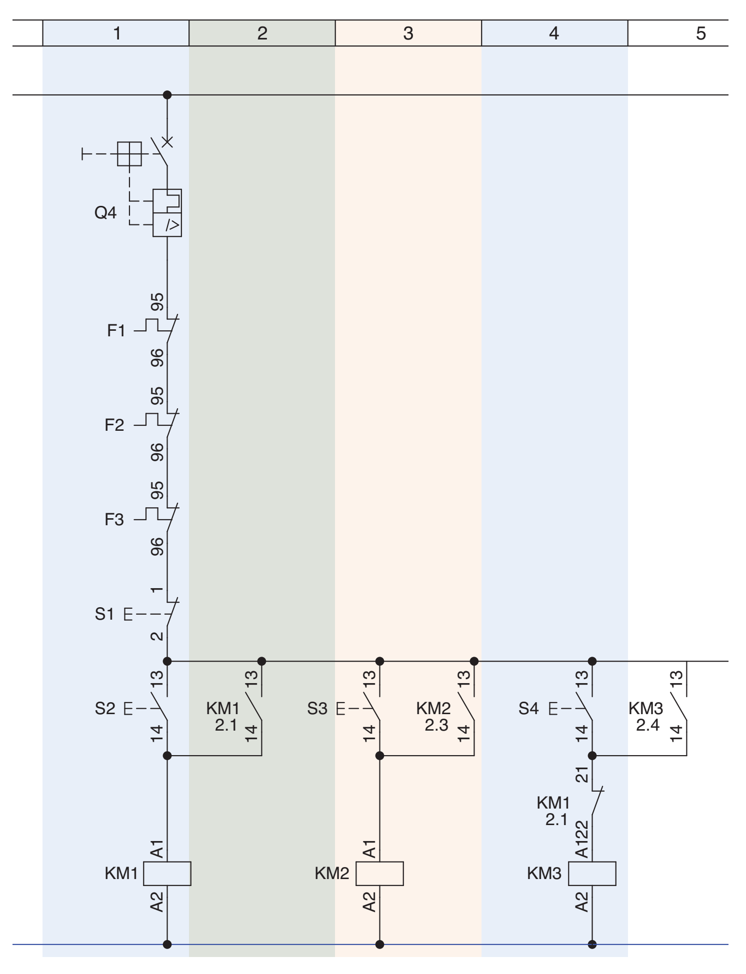


↑ **Figura 8.20.** Hoja 2 de un proyecto de automatismos con localizadores de elementos por columnas y referencias cruzadas.



4.1. Columnas en hojas de esquemas normalizados

Consiste en dividir las hojas de los esquemas en un número determinado de columnas, que posteriormente se utilizarán para localizar los componentes que en ellas se encuentran. En el siguiente esquema se muestra cómo las columnas invisibles (aquí coloreadas) contienen los diferentes símbolos del circuito. Es decir: S2 y S1 pertenecen a la columna 1, S3 se encuentra en la número 3 y S4 está en la 4.



↑ **Figura 8.21**. Detalle de la división de un esquema por columnas.

recuerda

Se denomina **formato** al recuadro en el que se realiza un plano técnico.

Los formatos están normalizados, siendo los denominados DIN A los más conocidos y utilizados.

Las hojas de dibujo tienen forma rectangular y se utilizan tanto en posición vertical como apaisada.

El tamaño de dichas hojas es el siguiente:

A0	1.189 x 841 mm.
A1	841 x 594 mm.
A2	594 x 420 mm.
A3	420 x 297 mm.
A4	297 x 210 mm.
A5	210 x 148 mm.

4.2. Referencias cruzadas

Las referencias cruzadas permiten localizar, por página y columna, los contactos asociados (abiertos y/o cerrados) a un dispositivo utilizado en el esquema.

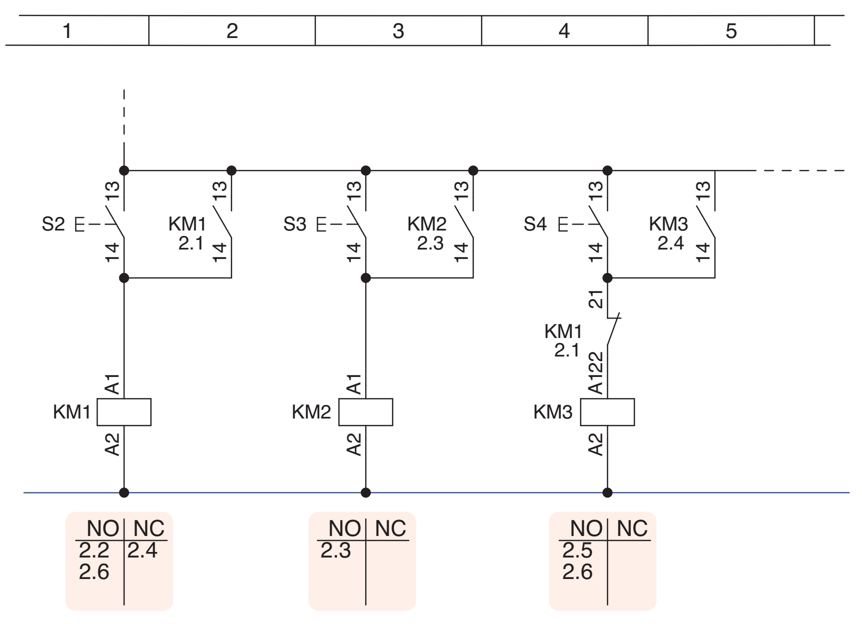
Pueden presentarse de dos formas: en formato de tabla o en formato gráfico, siendo la primera la más utilizada. En ambos casos están asociadas al órgano motor (bobina) de dispositivo.

Referencias cruzadas en formato de tabla

Son tablas de dos o tres columnas en las que se representan, con un número o código de números, el lugar del plano en el que se encuentran sus contactos abiertos (NO), cerrados (NC) o de potencia (MA).

El siguiente esquema es un detalle de la figura 8.20. En él se muestra cómo el contactor KM1 dispone de tres contactos, dos abiertos (NO) y uno cerrado (NC). Los dos primeros están dibujados en las columnas 2 y 6 respectivamente, de la hoja número 2. El tercero se encuentra en la columna 4 de la misma hoja.

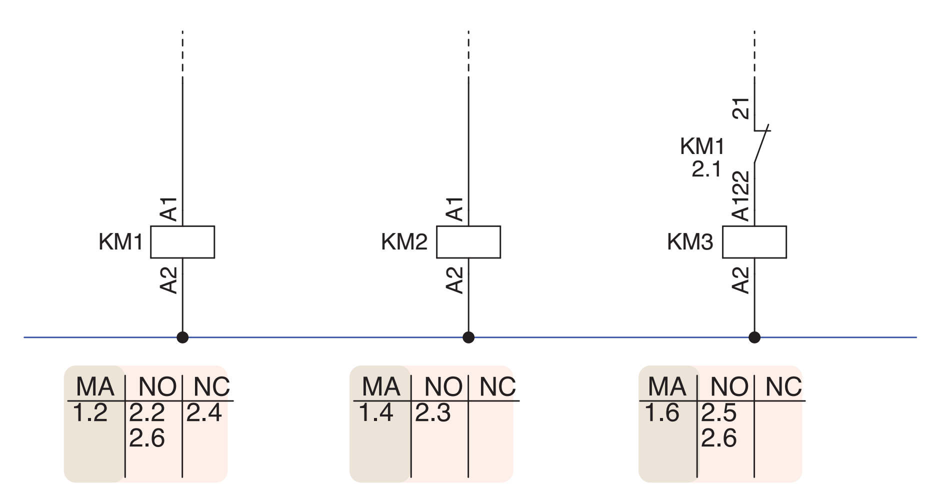
El contactor KM2 solamente emplea un contacto normalmente abierto (NO), que está localizado, en la columna 3 de la hoja 2. Y el contactor KM3 utiliza dos contactores normalmente abiertos (NO) situados en las columnas 5 y 6 respectivamente, de la misma hoja.



↑ **Figura 8.22**. Detalle de referencias cruzadas de la figura 8.20.

En algunos casos se hace necesario indicar el lugar en el que se encuentran representados los contactos de potencia de los contactores. Para ello se añade una nueva columna a la tabla correspondiente, que en el caso del ejemplo de la figura se ha denominado MA.

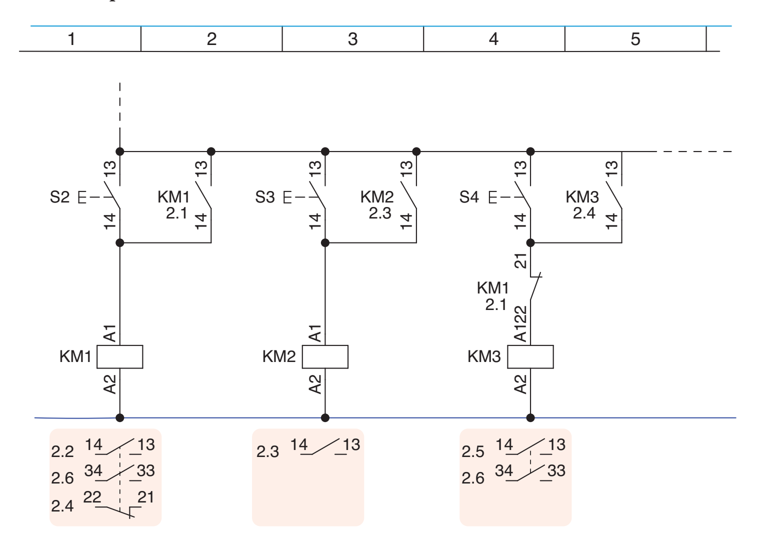
Así, en el siguiente ejemplo, y ojeando el esquema de la figura 8.19, se puede observar que el contactor KM1 tiene representados sus contactos de fuerza en la columna 2 de la hoja 1, el KM2 los tiene en la columna 4 de la misma hoja y el KM3 en la columna 6.



↑ **Figura 8.23**. Referencias cruzadas a contactos del esquema de fuerza.

Referencias cruzadas en formato gráfico

Aunque son menos utilizadas que las del formato de tabla, algunos proyectistas y programas de diseño eléctrico representan las referencias cruzadas de forma gráfica. En este caso se dibujan, debajo de cada una de las bobinas, los contactos abiertos y cerrados que se utilizan en el esquema y a su lado el identificador de la hoja y columna en la que se encuentran.

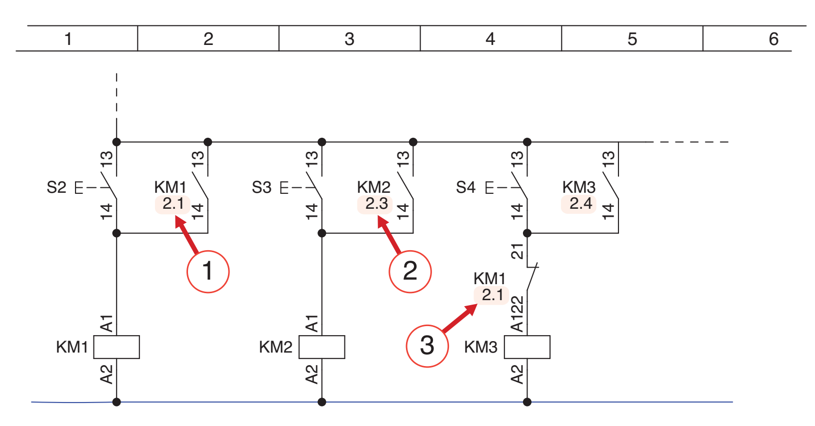


← **Figura 8.24**. Referencias cruzadas en formato gráfico.

Referencias cruzadas inversas

Las referencias cruzadas permiten la localización de los contactos de un determinado elemento del automatismo. Sin embargo, también es interesante que visualizando un contacto en el esquema, se localice el lugar en el que se encuentra su órgano motor (bobina) y, por defecto, su tabla de referencias cruzadas. A esto se le denomina, **Referencias Cruzadas Inversas** y consiste en escribir junto al identificador del contacto, el número de página y columna en el que se encuentra su bobina.

En el ejemplo de la figura 8.25: **(1)** el contacto abierto de KM1 tiene su bobina en la columna 1 de la hoja 2; **(2)** el contacto abierto KM2 tiene su bobina en la columna 3 de de la hoja 2; **(3)** el contacto cerrado de KM 1 la tiene en la columna 1 de la hoja 2.



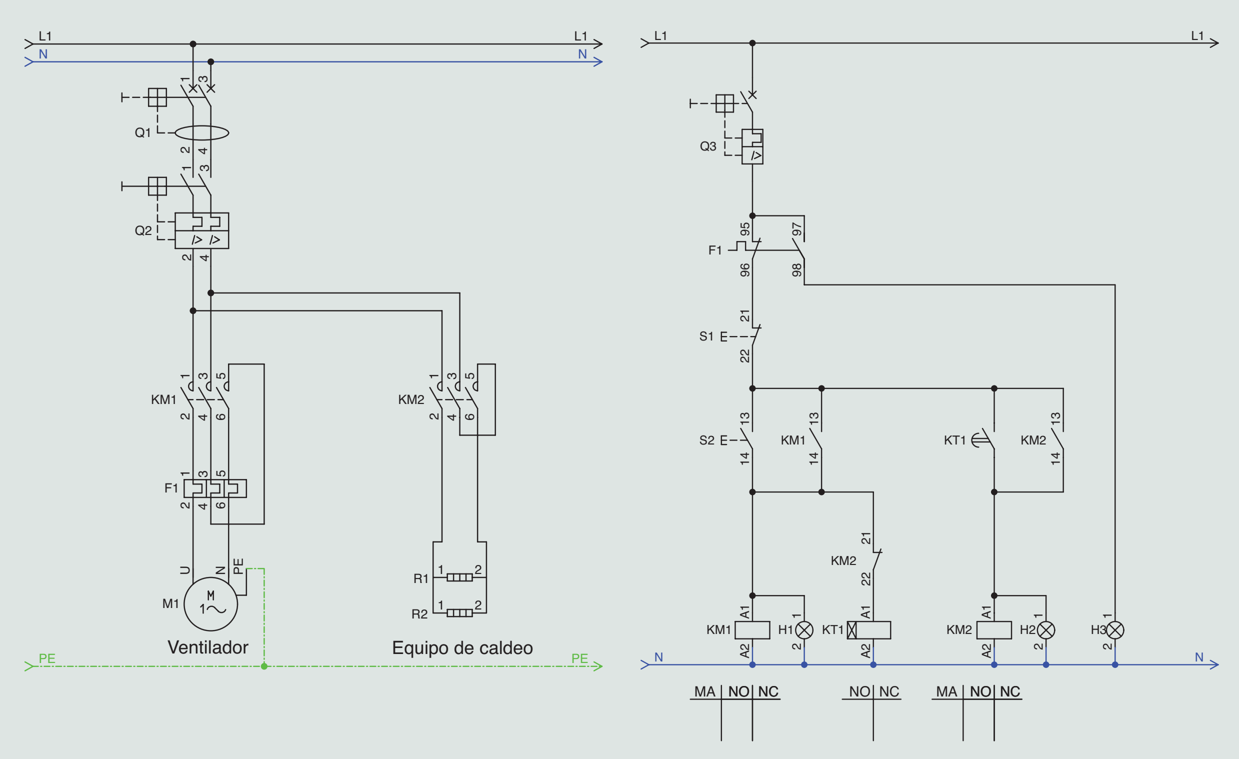
← **Figura 8.25**. Referencias cruzadas inversas en los contactos.

ACTIVIDADES

1. Realiza la actividad propuesta en la Práctica Profesional de esta unidad.

ACTIVIDADES FINALES

■ 1. Un equipo de caldeo dispone de un ventilador y un grupo de resistencias. El ventilador tiene acoplado un motor monofásico de 230V. El dispositivo de caldeo está formado por dos resistencias conectadas en paralelo que se alimentan con la tensión de la red.



↑ **Figura 8.26.** Esquema de fuerza (Hoja1).

↑ **Figura 8.27.** Esquema de mando (Hoja 2).

Fuera del cuadro eléctrico están: el motor, las resistencias, pulsadores (S1-S2) y las lámparas H1-H2.

Se pide:

a. Numerar todos los conductores de ambos circuitos.

b. Dibujar los bornes de los regleteros sobre los esquemas.

c. Representar las referencias cruzadas en formato de tabla y las referencias cruzadas inversas.

d. Representar los borneros y los esquemas de terminales del circuito.

e. Dibujar sobre el esquema de fuerza las mangueras que alimentan el motor y las resistencias de caldeo.

f. Dibujar los esquemas de mangueras.

g. Elaborar la lista de materiales necesarios para realizar el automatismo.

h. Montar el circuito sobre el panel de pruebas utilizando algún sistema de marcación de bornes, cables y mangueras.

i. Probar el funcionamiento del automatismo.

Importante: si es necesario, redibuja los esquemas en dos láminas de dibujo.

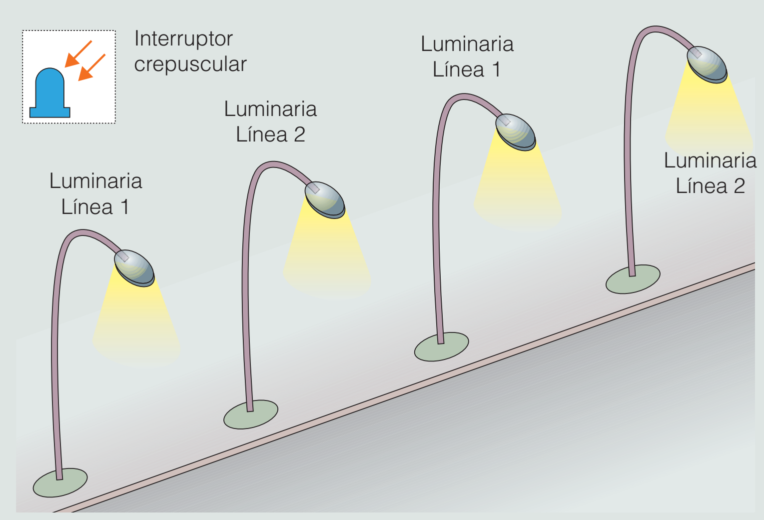


■ 2. Una red de alumbrado público dispone de dos líneas para alimentar las luminarias. Estas se encuentran alternativamente distribuidas en las calles, de forma que la mitad de ellas pertenecen a la primera línea y la otra mitad a la segunda. Cuando se hace de noche, un interruptor crepuscular enciende las dos líneas. Cuando llega una hora determinada de la madrugada, una de las líneas se desconecta apagando así todas sus luminarias (es decir, la mitad del alumbrado). Al hacerse de nuevo de día, la otra línea se desconecta automáticamente. En el montaje, se ha de prever el encendido manual de las lámparas para reparaciones en horas de luz.

Se pide:

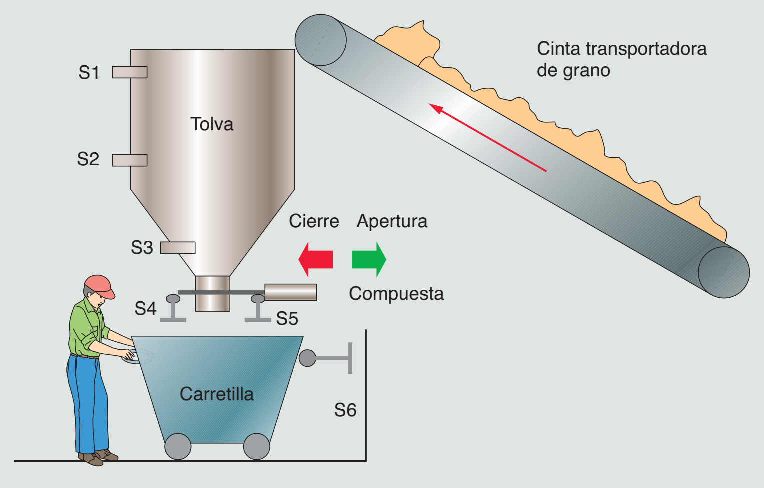
a. Dibujar los esquemas de mando y fuerza.

b. Todo lo pedido para la actividad anterior para la representación de esquemas, montaje y prueba del circuito.



↑ **Figura 28.**

■ 3. En una tolva que almacena grano, se desea controlar su llenado y vaciado mediante un circuito de automatismo. Para saber cuándo está al máximo y al mínimo se utilizan sendos detectores capacitivos ubicados estratégicamente en el cuerpo de la tolva. Si el depósito está vacío, la compuerta de salida de grano está cerrada y la cinta transportadora en marcha llenando la tolva. Cuando se produce el llenado, la cinta transportadora se detiene y la compuerta de vaciado se abre siempre que haya una carretilla debajo de ella.



↑ **Figura 29.**

Se pide:

a. Lo mismo que para la actividad anterior.

entra en internet

■ 4. Busca en internet catálogos y tarifas de precios de los materiales utilizados en las actividades anteriores. Elabora tres presupuestos estimando el coste de los circuitos de automatismos empleados en cada una de ellas.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista
- Crimpadora de punteras

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas anteriores
- Pequeño panel de madera para ubicar los elementos externos al cuadro eléctrico
- 29 Bornes para raíl (17 de 100 mm^2 y 12 de 6 mm^2)
- Un interruptor tetrapolar (no automático)
- Dos magnetotérmicos tripolares
- Un magnetotérmico monopolar
- Cable de línea de 1,5 mm^2
- Cable de línea de 2,5 mm^2 + 1 m de hiló rígido de la misma sección
- Manguera de 3 + N + PE x 2,5mm^2
- Manguera de 3 + PE x 2,5mm^2
- Dos botoneras de superficie para tres elementos
- Dos botoneras de superficie para dos elementos
- Cinco pulsadores para cuadro
- Tres pilotos de diferentes colores para cuadro
- Cuatro contactores con bobina a 230 V
- Dos finales de carrera
- Tres relés térmicos
- Tres motores trifásicos de 400 V y de menos de 1 kW de potencia
- Tornillos y tirafondos
- Anillas de numeración de bornes, cables y mangueras
- Punteras para las secciones de cables antes nombradas
- Bridas

Montaje avanzado de circuitos de automatismos industriales

OBJETIVO

Interpretar esquemas avanzados de automatismos industriales y montar el circuito sobre un cuadro eléctrico.

PRECAUCIONES

- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- No toques el eje del motor cuando esté girando.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.
- Antes de comenzar el montaje, estudia detenidamente los esquemas que se encuentran la final de esta actividad.

DESARROLLO

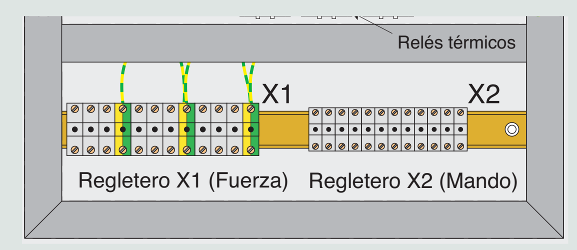
El circuito a montar, como solución al Caso Práctico Inicial, es el arranque de un motor trifásico con pulsadores de marcha y paro. El motor debe protegerse con un relé térmico y se debe señalizar su disparo. También se debe señalizar cuándo la máquina está en marcha.

1. Estudia los esquemas que se encuentran al final de esta actividad. El proyecto completo es un arranque de tres motores trifásicos. Los dos primeros (M1 y M2) se gestionan con pulsadores de marcha y paro externos al cuadro eléctrico. El funcionamiento M2 está condicionado a M1.

   El circuito para la gestión del tercer motor (M3), se hace mediante la inversión del sentido de giro. Los pulsadores de marcha y paro de este circuito se encuentran en el cuadro eléctrico. Además, desde dos finales de carrera externos, se debe parar el motor tanto en un sentido de giro como en el otro.

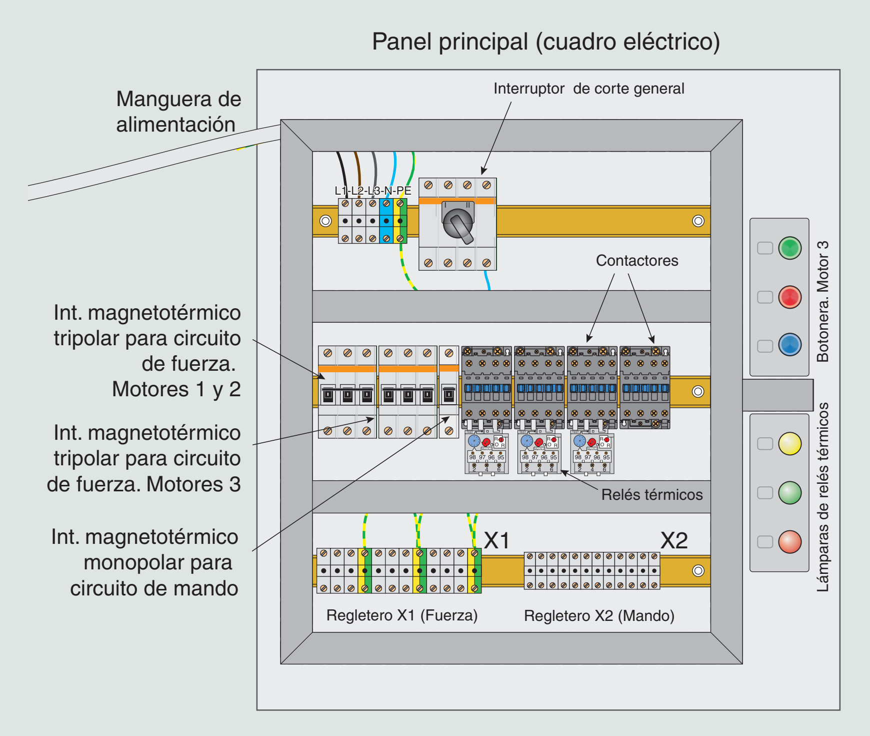
   Los relés térmicos disponen de tres lámparas de señalización que también están ubicadas en el cuadro eléctrico.

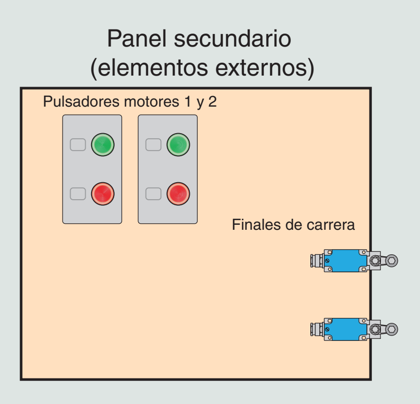
2. Haz una lista de los materiales que vas a necesitar.
3. Coloca los bornes de los regleteros en el raíl inferior. Utiliza bornes de dos tamaños diferentes, los mayores para el circuito de fuerza y los menores para el circuito de mando.



↑ **Figura 8.30.** Detalle de regleteros.

4. Ubica la aparamenta en el panel principal como se muestra en la figura 8.31.
5. Haz lo mismo en el panel secundario.





↑ **Figura 8.31.** Ubicación de aparamenta en los dos paneles de pruebas.

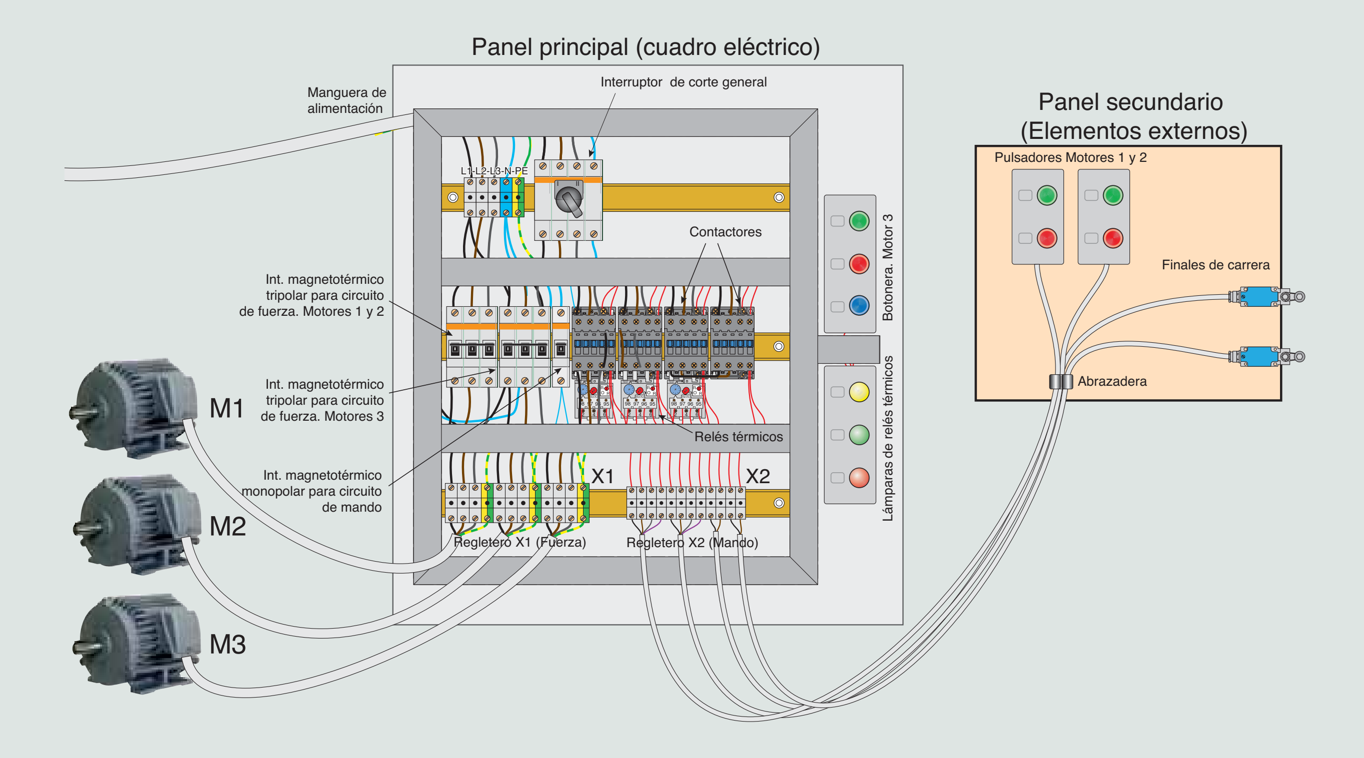
6. Etiqueta los bornes de los regleteros.
7. Utilizando el cable de 2,5 mm^2, realiza el circuito de fuerza en el panel principal. Ten la precaución de poner punteras y los anillos identificadores en los extremos de todos los conductores.
8. Utilizando el cable de 1, 5 mm^2, haz lo mismo para el circuito de mando.
9. Fíjate en los esquemas de las mangueras y realiza la conexión entre el borne X1 y los motores.
10. Etiqueta adecuadamente cada una de las mangueras y todos sus conductores.



↑ **Figura 8.32.** Detalle de identificación de bornes, cables y mangueras del regletero X1.

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

11. Utilizando cable de 1, 5 mm², realiza la conexión entre los elementos del panel secundario y el regletero X1. Utiliza bridas para unir en forma de maza todos los cables de esta unión.



↑ **Figura 8.33.** Montaje completo.

12. Conecta la manguera de alimentación a la red eléctrica.

13. Acciona el interruptor de corte general.

14. Acciona los tres interruptores magnetotérmicos.

15. Acciona el pulsador S2 y comprueba que el motor 1 arranca.

16. Con M1 funcionando, acciona S4 y comprueba que el motor 2 arranca.

17. Con S3 para el motor 2. Haz lo mismo con S1 para el motor 1.

18. Pulsa S4 y comprueba que M2 no funciona si no está en marcha previamente M1.

19. Acciona el pulsador S6 y comprueba que el motor M3 arranca en un sentido.

20. Pulsa el final de carrera S8 y comprueba que el motor M3 se para.

21. Acciona S7 para arrancar el mismo motor en sentido contrario.

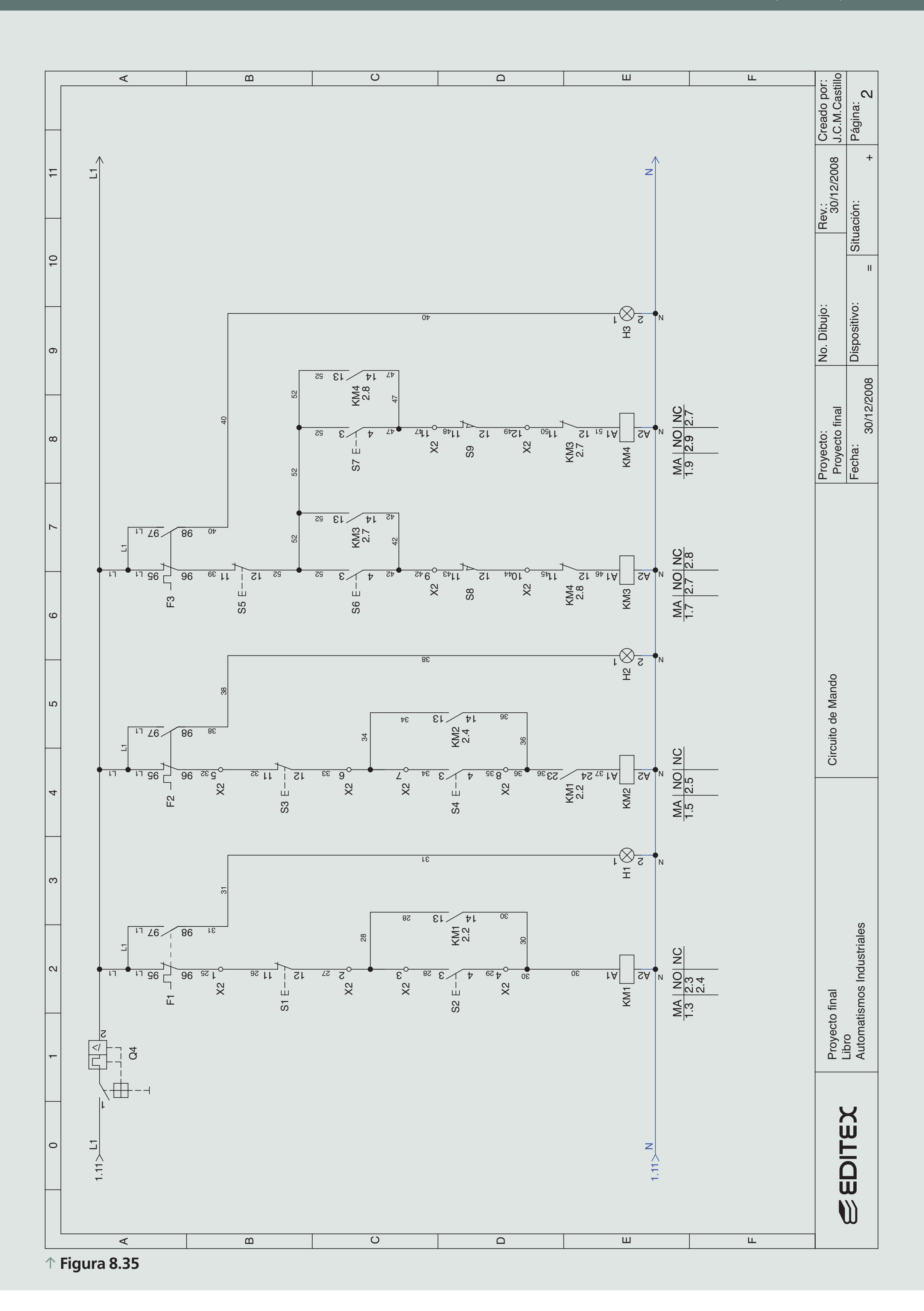
22. Pulsa el final de carrera S9 y comprueba que también se para el motor.

23. Repite la operación de puesta en marcha del motor M3 en ambos sentidos y pulsa S5 y comprueba que el motor se para.

Creado por: J.C.M.Castillo
Página: 1
Rev.: 03/11/2008
Situación: +
No. Dibujo:
Dispositivo: =
Proyecto: Proyecto final 03
Fecha: 03/11/2008
Circuito de Fuerza
Proyecto final
Libro
Automatismos Industriales
EDITEX

↑ **Figura 8.34**

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)



↑ Figura 8.35



Lista de productos

Producto (-)	Descripción	Hoja	Columna
Q1	Interruptor general tetrapolar	1	0
F1	Relé térmico M1	1	3
M1	Motor 1	1	3
Q2	Interruptor magnetotérmico tripolar	1	3
F2	Relé térmico M2	1	5
M2	Motor 2	1	5
F3	Relé térmico M3	1	7
M3	Motor 3	1	7
Q3	Interruptor magnetotérmico tripolar	1	7
Q4	Int. magnetotérmico unipolar para circuito de mando	2	0
F1	Relé térmico M1	2	2
KM1	Contactor M1	2	2
S1	Pulsador paro M1	2	2
S2	Pulsador marcha M1	2	2
H1	Lámpara relé térmico M1	2	3
F2	Relé térmico M2	2	4
KM2	Contactor M2	2	4
S3	Pulsador paro M2	2	4
S4	Pulsador marcha M2	2	4
H2	Lámpara relé térmico M2	2	6
F3	Relé térmico M3	2	7
KM3	Contactor M3 (Izq)	2	7
S5	Pulsador paro M3	2	7
S6	Pulsador marcha M3 (Izq)	2	7
KM4	Contactor M3 (Dcha)	2	8
S7	Pulsador marcha M3 (Dcha)	2	8
H3	Lámpara relé térmico M3	2	10

	Proyecto final Libro Automatismos Industriales	

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

Esquemas de regleteros

Regletero X1

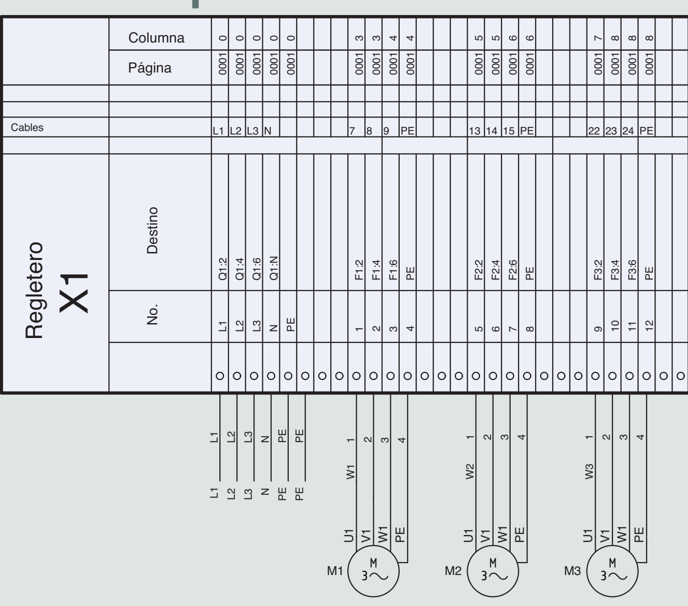
Columna	0	0	0	0	0	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	8	8	
Página	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	
Cables	L1	L2	L3	N	PE	7	8	9	PE	13	14	15	PE	22	23	24	PE	
Destino 2	Q1:2	Q1:4	Q1:6	Q1:N	PE	F1:2	F1:4	F1:6	PE	F2:2	F2:4	F2:6	PE	F3:2	F3:4	F3:6	PE	
No.	L1	L2	L3	N	PE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Destino 1	L1	L2	L3	N	PE	M1:U1	M1:V1	M1:W1	M1:PE	M2:U1	M2:V1	M2:W1	M2:PE	M3:U1	M3:V1	M3:W1	M3:PE	
Cables	L1	L2	L3	N	PE													
Mangueras W1						1	2	3	4									
W2										1	2	3	4					
W3														1	2	3	4	

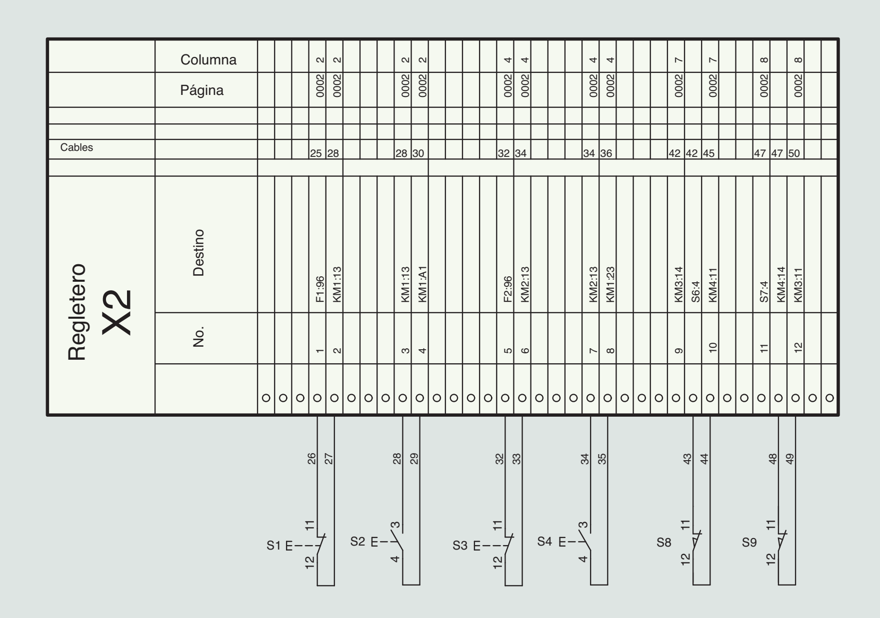
Regletero X2

Columna	2	2	2	2	4	4	4	4	7		7	8		8	
Página	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002		0002	0002		0002	
Cables	25	27	28	29	32	33	34	35	42	42	44	47	47	49	
Destino 2	F1:96	S1:12	KM1:13	S2:4	F2:96	S3:12	KM2:13	S4:4	KM3:14	S6:4	S8:12	S7:4	KM4:14	S9:12	
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11		12	
Destino 1	S1:11	KM1:13	S2:3	KM1:A1	S3:11	KM2:13	S4:3	KM1:23		S8:11	KM4:11		S9:11	KM3:11	
Cables.	26	28	28	30	32	34	34	36		43	45		48	50	

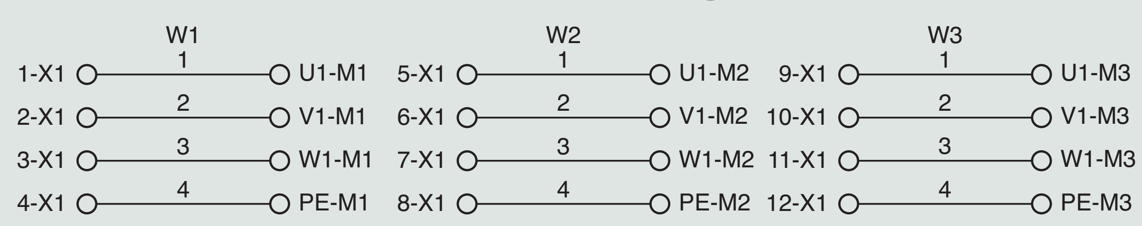


Esquemas de terminales





Esquemas de mangueras



MUNDO TÉCNICO

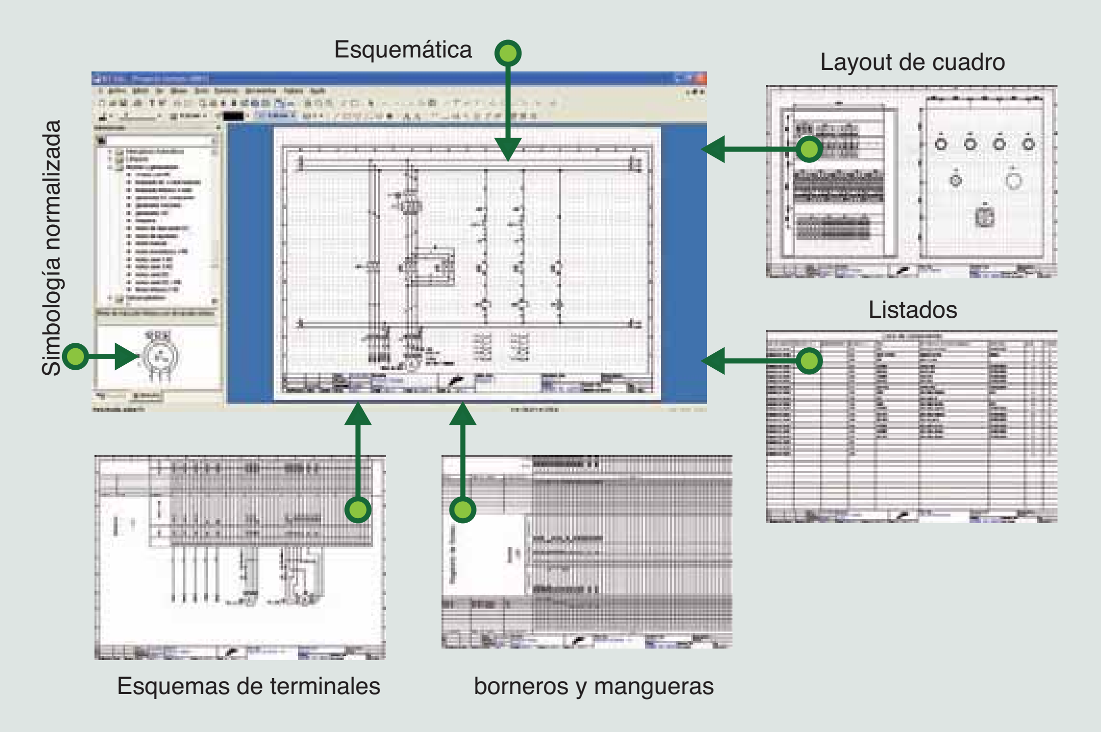
Software de diseño electrotécnico

Los proyectos de automatismos industriales deben estar perfectamente documentados. Esto permite optimizar el montaje y posteriormente las tareas de mantenimiento y reparación de los circuitos.

El diseño de esquemas, regleteros, numeración de cables, referencias cruzadas, puede resultar una tarea tediosa si se realiza de forma manual. Por ese motivo, existe en el mercado *software* específico que permite automatizar todas estas operaciones. Este tipo de herramientas reciben de forma genérica el nombre de *software* de **Diseño Electrotécnico** o **CAD Eléctrico.**

Muchos son los programas que actualmente permiten la elaboración de proyectos completos de automatismos eléctricos (See Electrical, CADdy++, Elcad, Electrical Designer, Eplan, etc.), aunque algunos de ellos disponen de funciones muy avanzadas para generar documentación de forma automática, en general las principales características de este tipo de software son las siguientes:

- Disponibilidad de amplia librería con simbología normalizada.
- Diseño de esquemas de forma interactiva con arrastrar y soltar símbolos.
- Conexión automática de elementos en el esquema.
- Numeración automática de los elementos del esquema.
- Numeración de bornes.
- Generación dinámica y automática de referencias cruzadas de diferentes tipos.
- Numeración automática de conductores.
- Generación de borneros y esquemas de terminales.
- Generación de esquemas de mangueras.
- Conexión con bases de datos de fabricantes.
- Disposición realística de los elementos en el cuadro (Layout).
- Generación de listado de materiales y presupuestos.
- Herramientas para el diseño de simbología personalizada.



↑ **Figura 8.36.** Aplicaciones del *software*.



EN RESUMEN

REPRESENTACIÓN AVANZADA DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES

- **Numeración de conductores**
  - Numeración por potencial de conductores
  - Numeración única de hilos
  - Numeración de cables en diferentes páginas
- **Regleteros o borneros**
  - Esquemas de regleteros y listas de bornes
  - Esquemas de terminales
- **Localización de elementos gráficos en los esquemas**
  - Columnas en hojas de esquemas normalizadas
  - Referencias cruzadas
    - Referencias cruzadas en formato de tabla
    - Referencias cruzadas en formato gráfico
    - Referencias cruzadas inversas
- **Representación de mangueras**
  - Esquemas de mangueras

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. En un cable de un esquema el identificador 3-40 significa:

____

2. Los regleteros se identifican con la letra:

a) W

b) X

c) R

3. En un esquema de terminales se representan:

a) Los elementos del interior del cuadro.

b) La disposición de dichos elementos en el cuadro.

c) La conexión de los elementos externos al cuadro eléctrico.

4. Di qué significan los siguientes identificadores que están al lado de un contacto abierto en un esquema:

a) KM4: ______________

b) 20.4: ______________

5. Las referencias cruzadas pueden ser:

a) ______________________

b) ______________________

6. En un esquema, las mangueras se representan como:

a) Pequeños círculos.

b) Líneas oblicuas que cortan conductores.

c) Rectángulos numerados.

7. Los regleteros sirven para:

a) Conectar los elementos internos del fondo del cuadro.

b) Los elementos que están fuera del cuadro.

c) Para decorar el cuadro.

9 El autómata programable

vamos a conocer...

1. El autómata programable
2. Posibilidades de expansión del autómata programable

PRÁCTICA PROFESIONAL

Puesta en servicio de un autómata programable

MUNDO TÉCNICO

Comunicación *Wireless*

y al finalizar..

- Identificaras las diferentes partes de un autómata programable
- Conocerás las diferentes formas de conectar los captadores y actuadores a las E/S del autómata
- Estudiarás los dispositivos e interfaces de comunicación que dispone el autómata programable.
- Pondrás en marcha un autómata programable

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

La empresa Aperturas y Cierres S.A. instala desde hace años todo tipo puertas automáticas. Hasta el momento, el circuito eléctrico para la automatización de dichas puertas lo realizaba un técnico electricista especialista en automatismos cableados. De un tiempo a esta parte, una buena parte de sus clientes están haciendo peticiones de mejora en el sistema automático que se les había instalado. Todos los cambios requieren un recableado casi completo del circuito de automatismos, haciendo que las reformas sean económicamente poco competitivas respecto a otras empresas del sector. También, el tiempo empleado en estas operaciones es elevado y la lista de espera aumenta de forma alarmante, algo que no es de mucho agrado para los clientes.

Ante esta situación, se ha solicitado a un técnico en automatismos industriales buscar una solución flexible para que, a partir de ese momento, todas las puertas a automatizar dispongan de un sistema reprogramable a través de un ordenador y que cualquier cambio eléctrico sea sencillo y rápido de implementar.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Observa el funcionamiento de una puerta automática (en un centro comercial, en un garaje, etc.) y realiza una descripción de la secuencia de su funcionamiento.

2. ¿Qué captadores y actuadores son necesario para su funcionamiento? ¿Cuáles serían sus circuitos de mando y de fuerza teniendo en cuenta que el motor es trifásico de 230 V? Dibújalos.

3. ¿A qué parte del autómata conectarías los captadores de la puerta automática?, ¿y los actuadores?

4. Si los motores que se encargan de abrir y cerrar las puertas son trifásicos, ¿como los conectarías para que su puesta en marcha y parada sea controlada por un autómata programable?

5. ¿Dónde conectarías dos lámparas, una verde y otra roja, que indique la posibilidad de paso o no por una puerta automática?

6. ¿Qué diferencias encuentras entre los denominados relés programables y los autómatas programables (PLCs).



1. El autómata programable

caso práctico inicial

El autómata programable es el dispositivo idóneo para automatizar las puertas del caso práctico.

Un autómata programable, también denominado PLC (Controlador Lógico Programable), es un dispositivo electrónico capaz de gestionar los circuitos de automatismos industriales de forma programada.



↑ **Figura 9.1.** Diferentes modelos de autómatas programables (SIEMENS AG)

saber más

El autómata también recibe el nombre API (Autómata Programable Industrial).

En la actualidad el uso de los autómatas programables está generalizado en la industria, aunque en otros sectores, como la domótica, también tiene gran presencia.

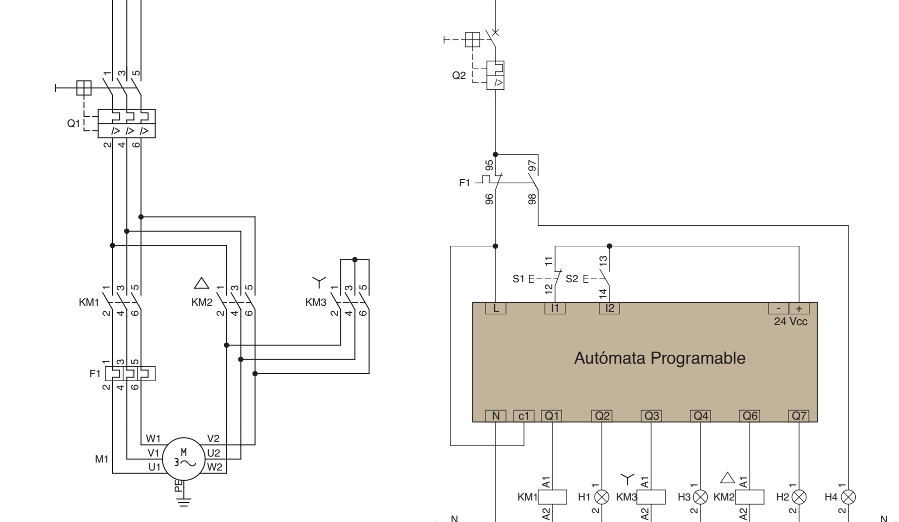
Los PLC permiten procesar de forma inteligente las señales precedentes de multitud de variables físicas que existen en los procesos industriales y actuar en consecuencia.

1.1. Evolución de sistemas cableados a sistemas programados

caso práctico inicial

El PLC permite sustituir los circuitos de mando cableado.

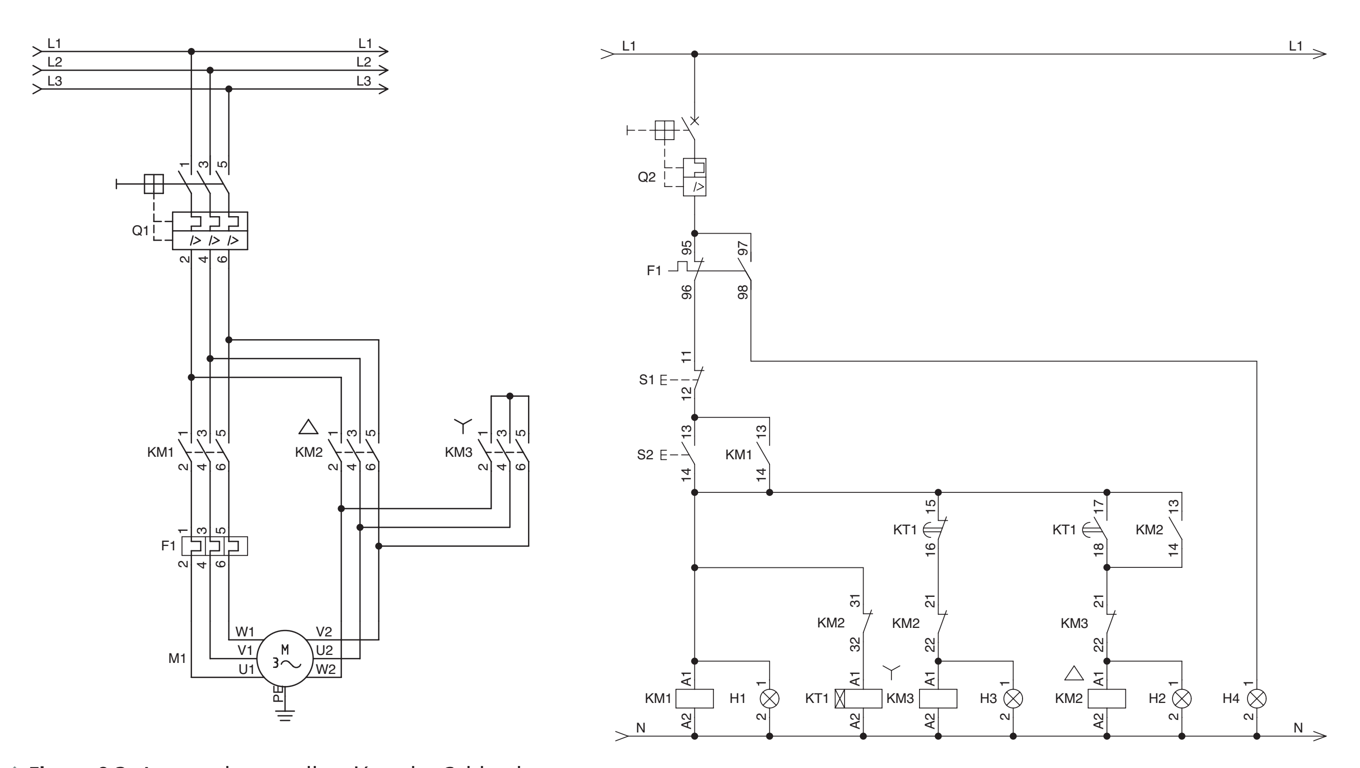
Hasta ahora los automatismos que has estudiado y realizado son de tipo cableado. Ya habrás observado que a medida que el automatismo gana en complejidad, también lo hace el cableado del circuito de mando y aumenta el número de elementos a utilizar (relés, temporizadores, contadores, etc).



↑ **Figura 9.2.** Arrancador estrella-triángulo programado.

Si, por necesidades del proceso industrial, es necesario modificar el funcionamiento de una instalación de este tipo, no queda más remedio que recablear el circuito de mando, con lo que esto supone en pérdida de tiempo y dinero para el dueño de la instalación.

Una forma más flexible y económica de realizar la maniobra de un automatismo industrial, es sustituir el circuito cableado de mando por un autómata programable. De esta forma, cualquier cambio en el funcionamiento del proceso se hace reprogramando el PLC, sin necesidad mover el cableado o realizando modificaciones mínimas en él.



↑ **Figura 9.3.** Arrancador estrella-triángulo. Cableado.

1.2. Estructura del autómata programable

El autómata programable está gestionado por un sistema electrónico basado en un microprocesador, encargado de procesar las señales del exterior, tanto de lectura como de escritura, a través de los interfaces de entradas y salidas.

Para el funcionamiento óptimo y continuado del sistema electrónico, es necesaria una fuente de tensión.

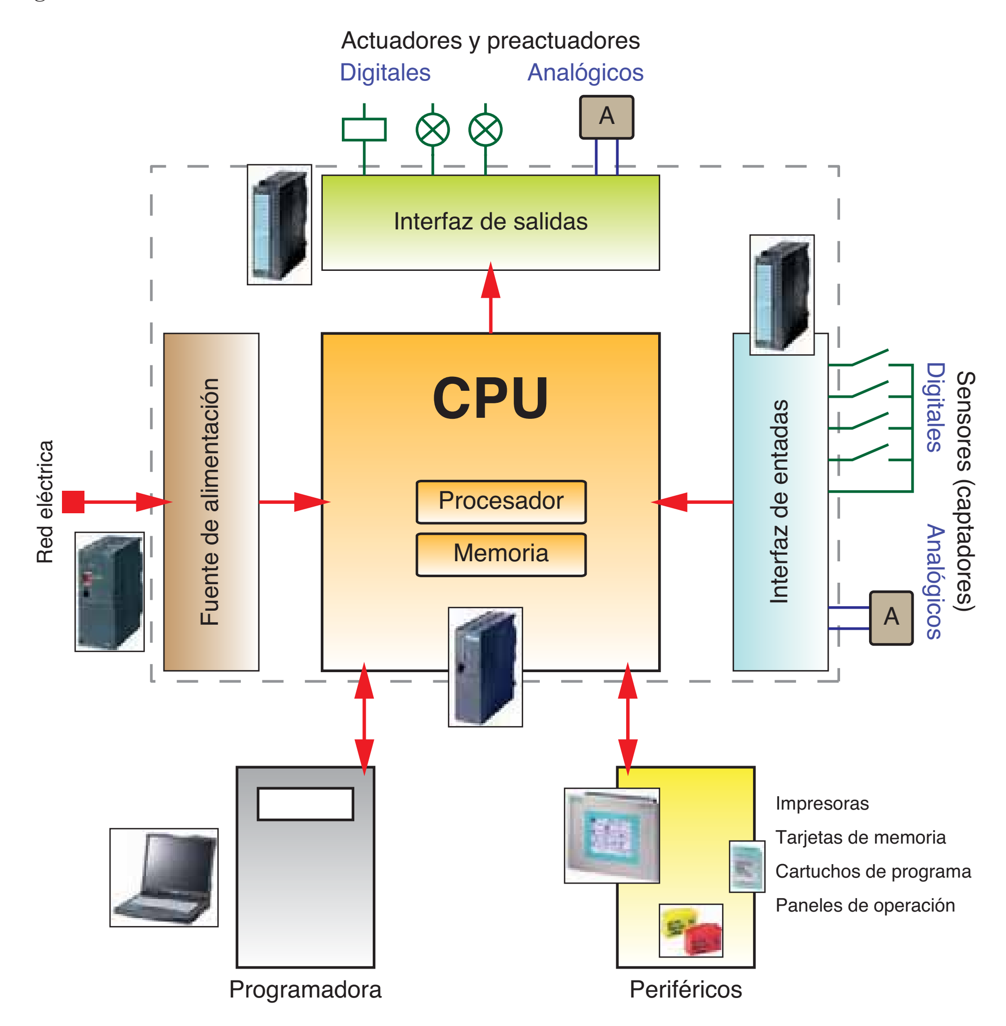
Los programas se almacenan en los diferentes tipos de memoria que el PLC dispone y gestiona desde un elemento de programación externo.

ACTIVIDADES

1. Recuerda el circuito visto en la unidad 7 para arrancar un motor trifásico mediante un estrella/triángulo con inversión del sentido de giro y dibuja cómo serían los circuitos de fuerza y mando si utilizaras un autómata programable.



En este diagrama de bloque se muestra la estructura básica de un autómata programable:



→ **Figura 9.4.** Diagrama de bloques de la estructura de un autómata programable.

1.3. Clasificación de los autómatas programables

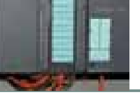
Atendiendo a la su modularidad, los autómatas pueden ser clasificados en tres tipos: compactos, semicompactos y modulares.

- **Compactos**. Son aquellos que contienen todos sus elementos, E/S, CPU, fuente de alimentación, etc., en una misma envolvente.

  La mayoría de estos modelos son ampliables con diferentes tipos de módulos (entradas, salidas, de comunicación, especiales, etc).



↑ **Figura 9.5.** Diferentes modelos de autómatas compactos.

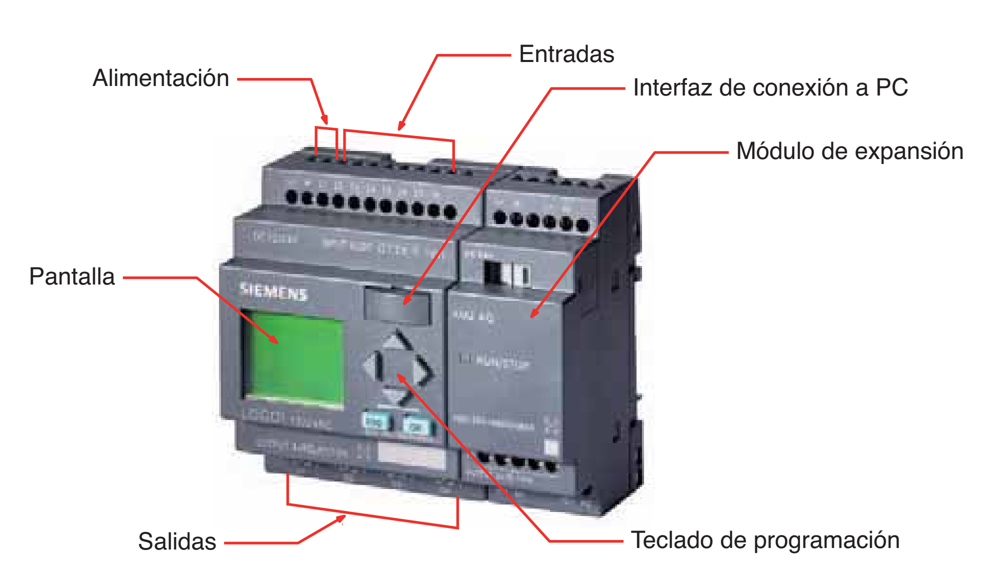


Dentro de este grupo cabe destacar los que se han denominado **relés programables** que algunos fabricantes están desarrollando con gran éxito para aplicaciones domésticas y gestión de pequeña maquinaria. Con un teclado básico, 6 u 8 teclas situado directamente en su frontal, es posible realizar todas las tareas de programación y parametrización disponibles de una forma rápida y sencilla. Además presentan la posibilidad de ser conectadas, con el interface adecuado, a un ordenador personal para la edición, grabación e impresión de programas de usuario.

En la actualidad muchos de estos relés programables PLC se pueden ampliar con módulos de expansión de todo tipo.

saber más

Conceptualmente un **relé Programable** y un **PLC** son lo mismo, la gran diferencia entre ellos radica en la potencial de cálculo de los segundos respecto a los primeros y la velocidad de procesamiento de las instrucciones del programa.



↑ **Figura 9.6.** Relé programable LOGO! (SIEMENS AG).

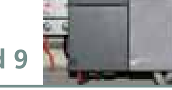
- **Semicompactos**. Son aquellos en los que alguno de sus elementos está fuera de la envolvente principal. Por ejemplo la fuente de alimentación.
- **Modulares**. Cada uno de los elementos que lo forman está en una envolvente diferente que se instalan sobre un *rack* común. Las posibilidades de expansión son enormes comparándolas con las de tipo compacto y semicompacto, pero su coste es mucho más elevado.



↑ **Figura 9.7.** Relé programable ZELIO de la firma TELEMECANIQUE.



↑ **Figura 9.8.** Autómata modular S7-700 (SIEMENS AG).



1.4. Unidad central de procesos (CPU)



↑ **Figura 9.9.** CPU de un autómata modular de SIEMENS.

La Unidad Central de Procesos es el cerebro del autómata. Está constituida básicamente por el microprocesador y la memoria.

Tiene como misión **procesar las señales del módulo de entradas y actuar sobre el módulo de salidas** en función de las instrucciones del programa. Además, debe detectar errores de funcionamiento de propio equipo y señalizarlos a través de un pantalla de información o indicadores LED.

Suele disponer de un interruptor (Run/Stop) para poner en marcha y detener la ejecución del programa.

En la carcasa que aloja la CPU suele estar ubicado el interfaz de conexión por el que se realiza la comunicación con la programadora.

La CPU de los autómatas suelen tener dos tipos de memoría:

- **RAM:** volátil, se borra cuando el equipo queda sin alimentación eléctrica.
- **EPROM:** no volátil, se mantiene aunque cese la alimentación eléctrica.

Para salvaguardar el contenido de la memoria RAM ante cortes de la alimentación, los fabricantes recurren al uso de baterías o condensadores de alta capacidad.

1.5. Fuente de alimentación



↑ **Figura 9.10.** Fuente de alimentación para los autómatas S7-300 de Siemens.

Tiene como misión convertir la corriente alterna de red eléctrica en corriente continua, para alimentar los circuitos integrados y los componentes electrónicos del interior del autómata. Por lo general, la tensión de trabajo interna suele ser de 24 V en corriente continua, pero existen modelos que trabajan a 48 V.

Cuando los captadores pasivos están próximos al autómata, pueden ser conectados directamente a la fuente de alimentación. Los captadores de tipo activo también pueden ser alimentados por el propio autómata, pero siempre teniendo en cuenta la corriente que consume cada uno de ellos, para evitar una sobrecargar en la fuente de alimentación. En el caso de utilizar gran cantidad captadores de este tipo, es necesaria una fuente de alimentación externa.

1.6. Entradas y salidas digitales

caso práctico inicial

Los captadores de las puertas se conectan al módulo de entradas del PLC.

Está formado por un conjunto de módulos, estructuras de conexionado y soporte cuyas principales funciones son:

- Adaptar la tensión de trabajo de los actuadores y captadores a los dispositivos electrónicos del autómata, que trabajan a diferentes tensiones.
- Aislar eléctricamente los circuitos de mando y potencia.

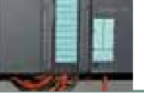
Módulo de entradas digitales

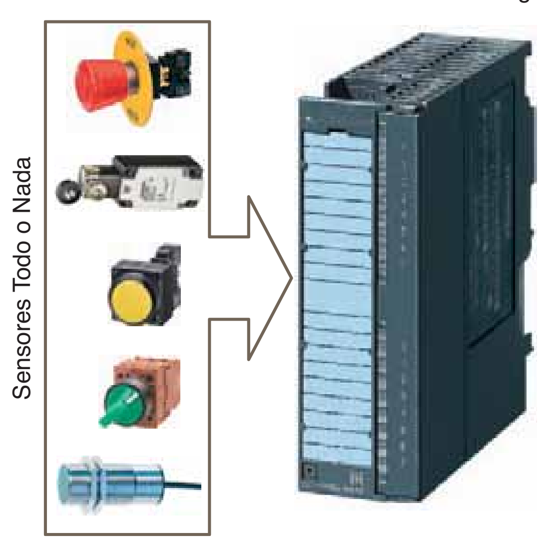
Este módulo tiene como misión recibir la información procedente del control de un proceso o una máquina. Esta información es procesada por la CPU, según el programa residente en la memoria, a este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, sensores, detectores de posición, etc.).

saber más

Las entradas se identifican con el símbolo nemotécnico «I».

Las **entradas digitales** captan señales de tipo discreto que varían su estado ante cambios de tensión todo o nada. Es decir, el valor máximo o mínimo de la tensión de la alimentación. La CPU detecta un **1** lógico, cuando el valor es máximo, o un **0** lógico, cuando el valor es mínimo.

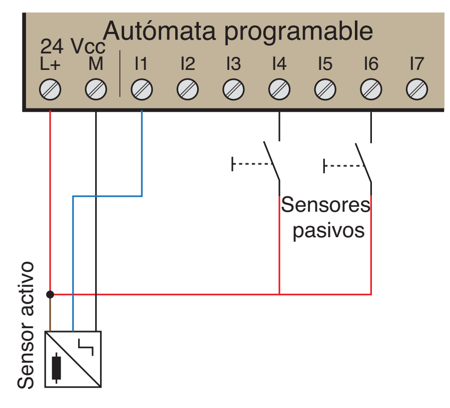




↑ **Figura 9.11.** Módulo de entradas de un S7-300 de Siemens y diferentes sensores que se pueden conectar a él.

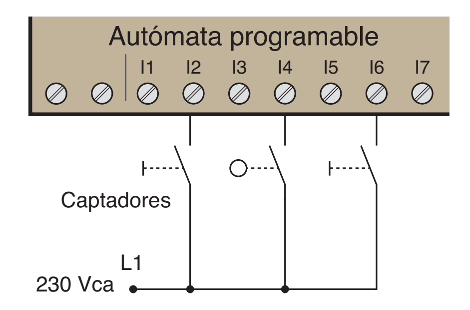
La alimentación de las entradas digitales se realiza atendiendo al tipo de autómata y a la aplicación que va destinado:

Entradas a **24 Vcc**. Se conectan directamente de la fuente de alimentación del autómata o a una fuente de alimentación auxiliar. En este segundo caso, es necesario unir la masa de la fuente auxiliar con la del propio autómata.



↑ **Figura 9.12.** Conexión de captadores, activos y pasivos, a 24 Vcc.

Entradas 155-240 Vcc. Se conecta a la red de corriente alterna que alimenta la instalación. No son tan habituales como las de 24 Vcc, pero algunos fabricantes desarrollan este tipo de entradas, sobre todo, para ser utilizadas en instalaciones de viviendas.



↑ **Figura 9.13.** Conexión de captadores pasivos a 230 VCA.

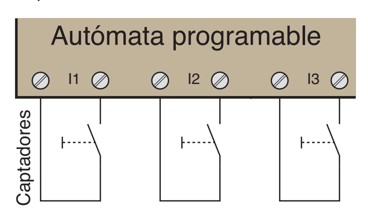
saber más

A los módulos de entradas/ salidas se les denomina de forma abreviada E/S o en inglés I/O *(Input/Output).*

saber más

Algunos autómatas disponen de dos bornes para cada captador.

Este método es rápido de implementar ya que no es necesario tener en cuenta la fase de la alimentación que se debe aplicar a los captadores.



↑ **Figura 9.14.**



caso práctico inicial

Los actuadores de las puertas del caso práctico se conectan a los módulos de las salidas digitales.

saber más

Las salidas se identifican con el símbolo nemotécnico «Q».

saber más

Es importante conocer el poder de corte de las salida, para conectar en ellas los actuadores adecuados. Si esto no se tiene en cuenta, es posible que se deteriores o destruyan.

Módulo de salidas digitales

Este módulo tiene como misión enviar las señales de activación y desactivación a los actuadores, (bobinas de contactores, relés, módulos triacs, lámparas, etc.).



↑ **Figura 9.15.**

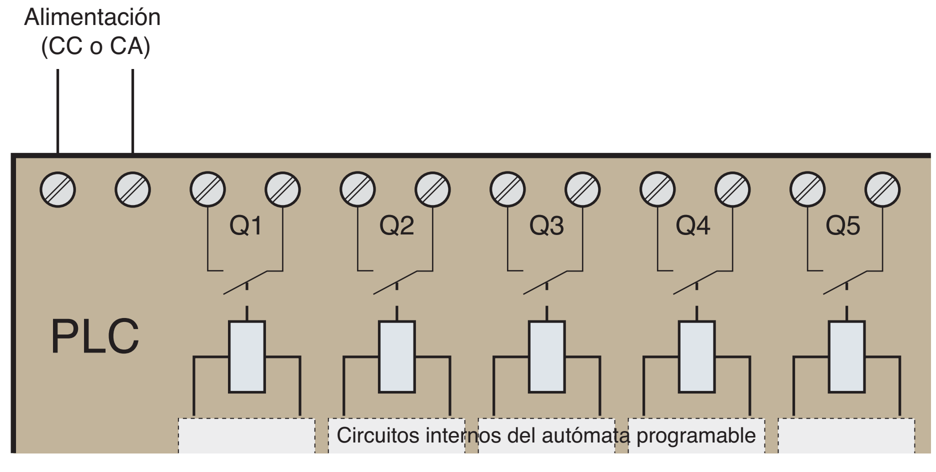
La información es enviada por las entradas a la CPU una vez procesada según programa, el procesador genera las órdenes al módulo de salidas para que sean activadas o desactivadas, a su vez, estos cambios se transmiten a los actuadores y preactuadores.

Los digitales envían señales *todo o nada* a los actuadores, pudiéndose distinguir los siguientes tipos: a relés y a transistor.

Las salidas a relés son libres de tensión y por tanto se pueden utilizar para cualquier tipo de corriente (CC o CA) y para diferentes tensiones, incluso en la misma aplicación (figura 9.16).

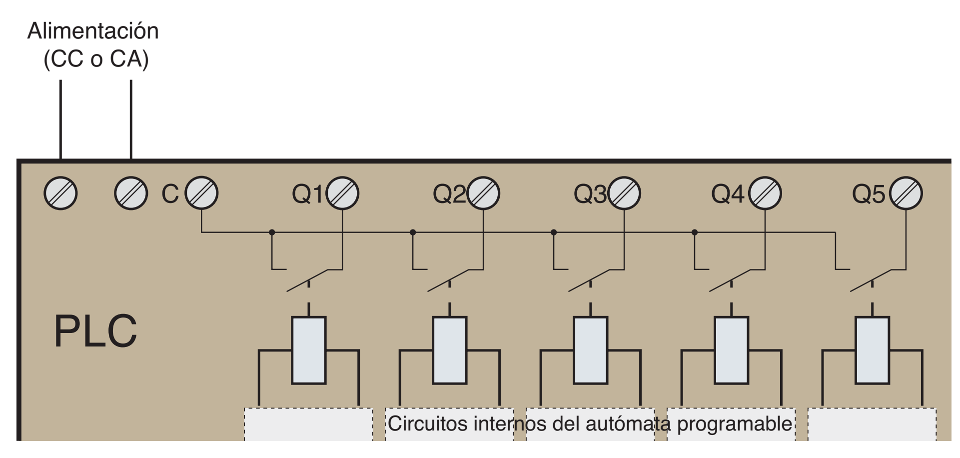
Es habitual encontrar que los contactos de los relés de salida están unidos a un borne común. Esto implica que todos los actuadores que se conecten a ese bloque común de relés deben ser del mismo tipo de corriente y trabajar a la misma tensión (figura 9.17).

En este caso, el tipo de alimentación del autómata no está condicionado al que necesitan los actuadores y preactuadores.



↑ **Figura 9.16.** Módulo de salidas con relés independientes.

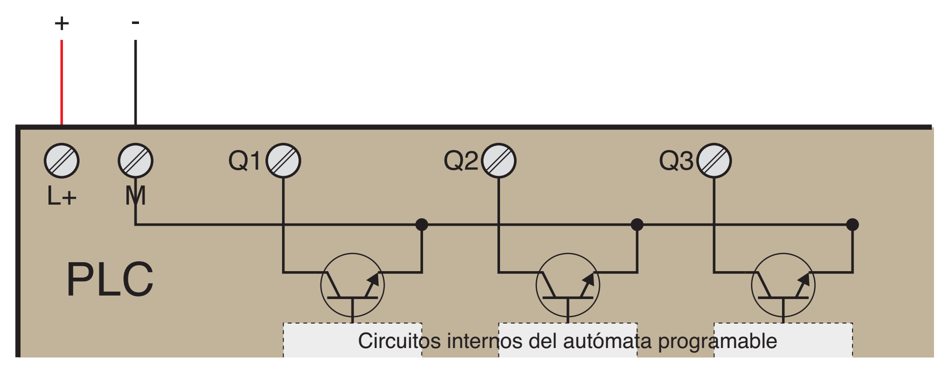




↑ **Figura 9.17.** Módulo de salidas a relés con un borne común.

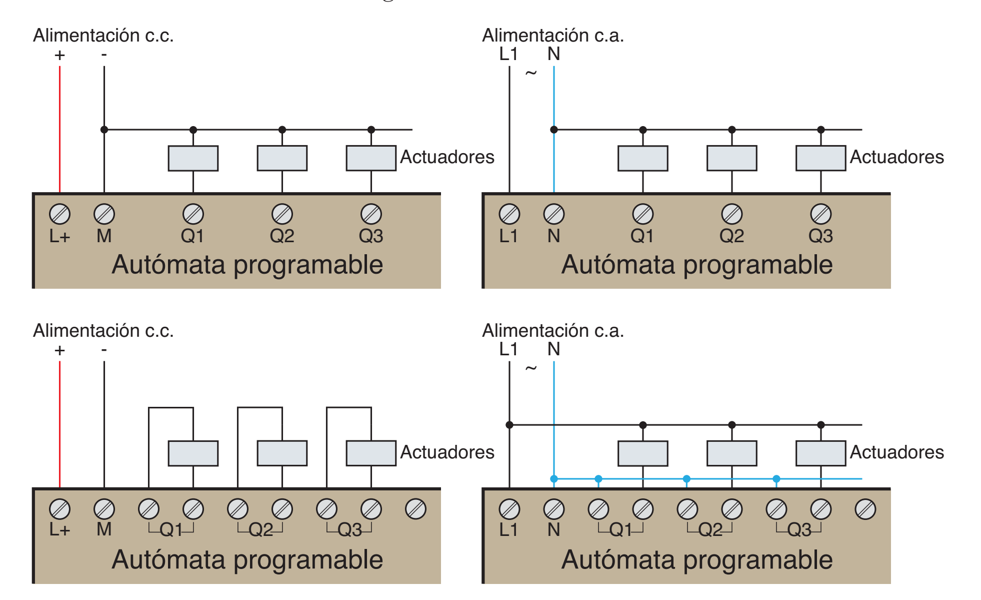
Las salidas a transistor, también denominadas a colector abierto, se utilizan para activar actuadores de corriente continua (figura 9.18).

En este caso, la alimentación del autómata sí que debe ser la misma que la de los actuadores y preactuadores conectados a los bornes de salidas.



↑ **Figura 9.18.**

Dependiendo del modelo y la alimentación del módulo de salida, la conexión de los actuadores se realiza de la siguiente forma:



↑ **Figura 9.19.** Conexión de actuadores a las salidas.

saber más

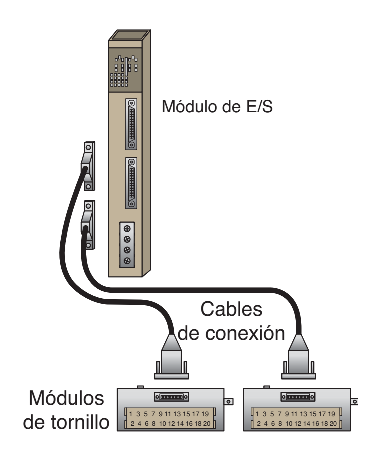
Un preactuador es un actuador que a su vez se encarga de gestionar un dispositivo de mayor potencia o diferente tecnología (neumática o hidráulica).

Por ejemplo, un contactor que arranca un motor a través de una salida de un autómata. En este caso, el contactor es el preactuador.

caso **práctico** inicial

Las lámparas del semáforo para las puertas se conectan a las salidas del PLC.





↑ **Figura 9.20.** Módulos de expansión para unidades de E/S.

En los grandes autómatas de tarjetas, es habitual utilizar los llamados **módulos de tornillo** o **bornes de expansión**, que se conectan con cables específicos del fabricante al módulo de entradas/salidas. Esto permite disminuir el cableado en los paneles de control, haciendo que el trabajo del instalador sea mucho más cómodo.

1.7. Entradas y salidas analógicas

Los módulos de entradas y salidas analógicas tratan valores dentro de un rango. A ellos es necesario conectar captadores y actuadores que sean compatibles con los valores analógicos.

Entradas analógicas

Las **entradas analógicas** detectan valores de tensión o corriente, para producir eventos por comparación cuando se alcanzan los prefijados en el programa de usuario.

El ataque de las entradas analógicas requiere captadores especiales, también analógicos, que se adapten a los valores de las señales requeridas por el autómata. Éstos se encuentran estandarizados y son los siguientes:

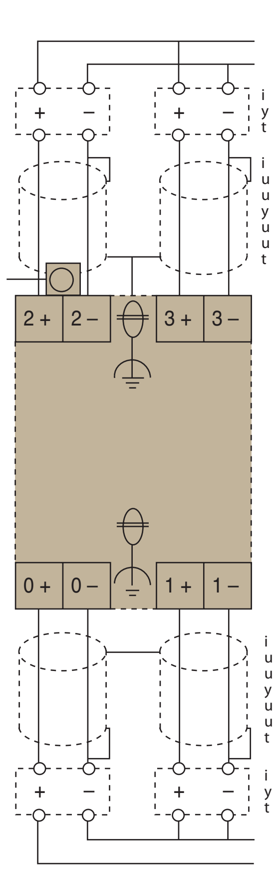
Estándar de tensión:

- **De 0 a 10 Vcc**
- De -10 a +10 Vcc
- De 2 a 10 Vcc

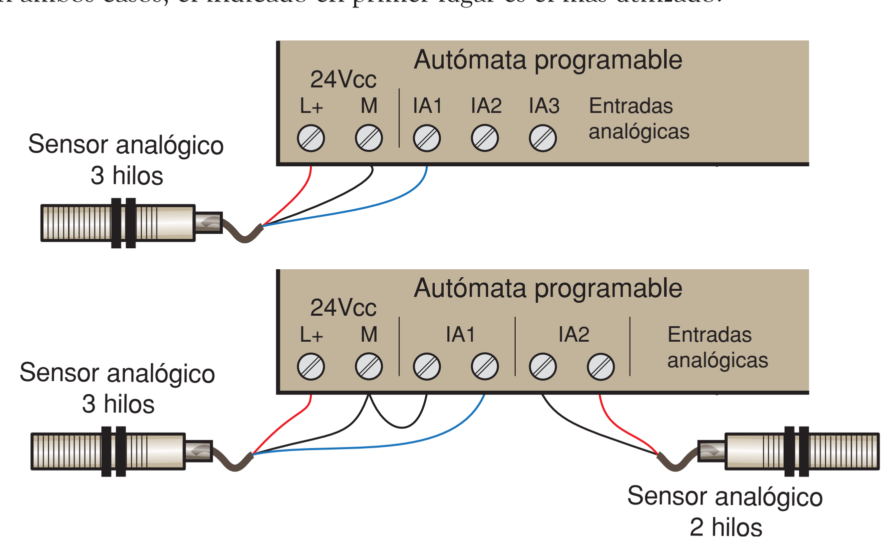
Estándar de corriente:

- **De 4 a 20mA**
- De 0 a 20 mA
- De 1- 5 mA
- De 0 a 5 mA

En ambos casos, el indicado en primer lugar es el más utilizado.



↑ **Figura 9.21.** Conexión de un módulo de entradas analógicas.



↑ **Figura 9.22.** Diferentes formas de conexionar sensores analógicos a los módulos de entradas analógicas.

Salidas analógicas

Las salidas analógicas adaptan la señal de salida, de acuerdo a los estándares antes indicados, sobre los actuadores, también analógicos, conectados a sus bornes.

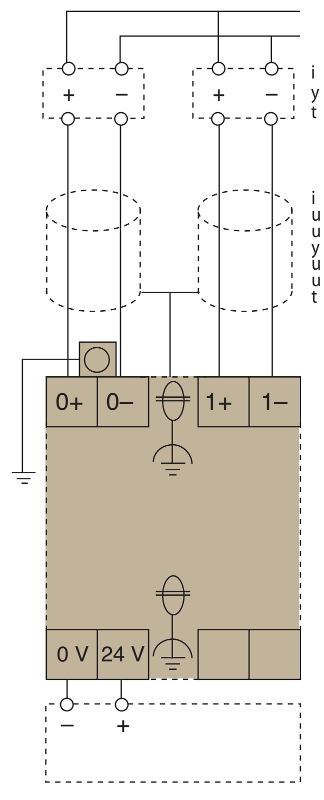
Para la unión entre los módulos analógicos y sus actuadores, es necesario utilizar un **cable apantallado** para evitar interferencias y perturbaciones en las señales enviadas. Esta precaución evitará el funcionamiento anómalo del automatismo.

saber más

Las señales de las salidas analógica trabajan en tensión y en corriente con rangos similares a los de las entradas.

saber más

Un *slot*, es una ranura de conexión, utilizada en equipos informatizados, para conectar tarjetas de expansión.



↑ **Figura 9.23.** Conexión de un módulo de salidas analógicas.

1.8. Aspectos externos del autómata programable

Todos los autómatas programables presentan en su frontal una serie de indicadores y elementos de conexión, que deben ser conocidos por el instalador para su puesta en marcha y mantenimiento.

Los elementos más característicos son los siguientes:

- **Bornes de alimentación:** permiten la conexión de la tensión de alimentación necesaria para la puesta en marcha del autómata, 24 Vcc, 48 Vcc o 230 Vca.

  En los equipos alimentados a 230 V es necesario conectar el conductor de protección PE (toma de tierra).

- **Bornes de E/S:** los elementos de conexión para los captadores/actuadores se presentan generalmente en forma de borne. Para evitar errores de conexión se encuentran separados físicamente unos de otros.

- **Interface de conexión y programación:** es un *slot*, generalmente de tipo informático, que permite conectar el autómata a la consola de programación o a un PC para su programación.



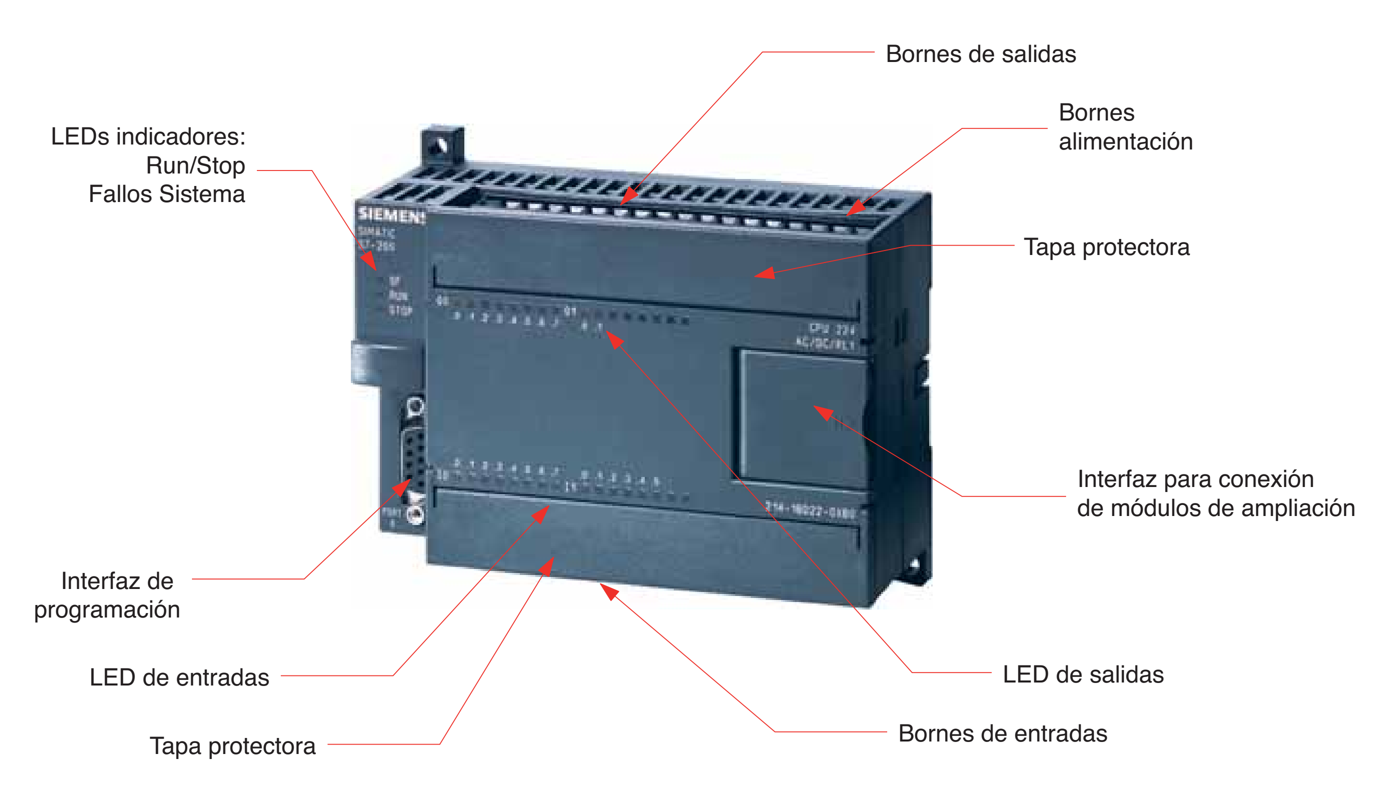
- **Interfaz de expansión:** permite aumentar las posibilidades de expansión del equipo con diferentes módulos de E/S, de comunicación o espaciales.
- **Indicadores LED:** los LED están presentes en todos los frontales de los autómatas programables, y generalmente se utilizan para señalizar algunas acciones y situaciones de funcionamiento como: captación de señales de entrada, actuación de las salidas, ejecución o parada del programa de usuario RUN/STOP, errores de memoria, errores de ejecución del programa, etc.

  En algunos casos el sistema de LED es sustituido por una pantalla LCD.
- **Alojamiento cartucho MEMORY CARD:** permite conectar los cartuchos o tarjetas de memoria no volátil para salvaguardar los programas.
- Conector batería: aloja la pila de salvaguarda. En algunos casos, el acceso a la batería solamente se realiza retirando parte de la carcasa del autómata.
- **Fuente de alimentación 24 Vcc:** salida de tensión fija a 24 Vcc para alimentar las entradas y captadores de tipo activo.
- **Interruptor RUN/STOP:** ejecuta o detiene el programa de usuario. Algunos modelos de autómatas disponen de una posición central TERM (Terminal) que permite pasar a los modos RUN/STOP desde la consola de programación. También es frecuente que este conmutador se presente como llave, de esta forma el programador puede retirarla en cualquier momento para evitar manipulaciones por personas no autorizadas.
- **Potenciómetros analógicos:** presentes en algunos modelos de autómatas, hacen posible la variación de valores de temporización y cómputo desde el exterior del equipo sin necesidad de modificar la programación.

saber más

Los ordenadores personales añaden prestaciones que la mayoría de las programadoras no poseen:

- Salvaguarda de ficheros en disquete.
- Posibilidad de imprimir esquemas y programas.
- Simulación previa.
- Generación de documentación y memorias de proyecto.
- Etc.



↑ **Figura 9.24.** Exterior de una autómata programable S7-200 (SIEMENS AG).

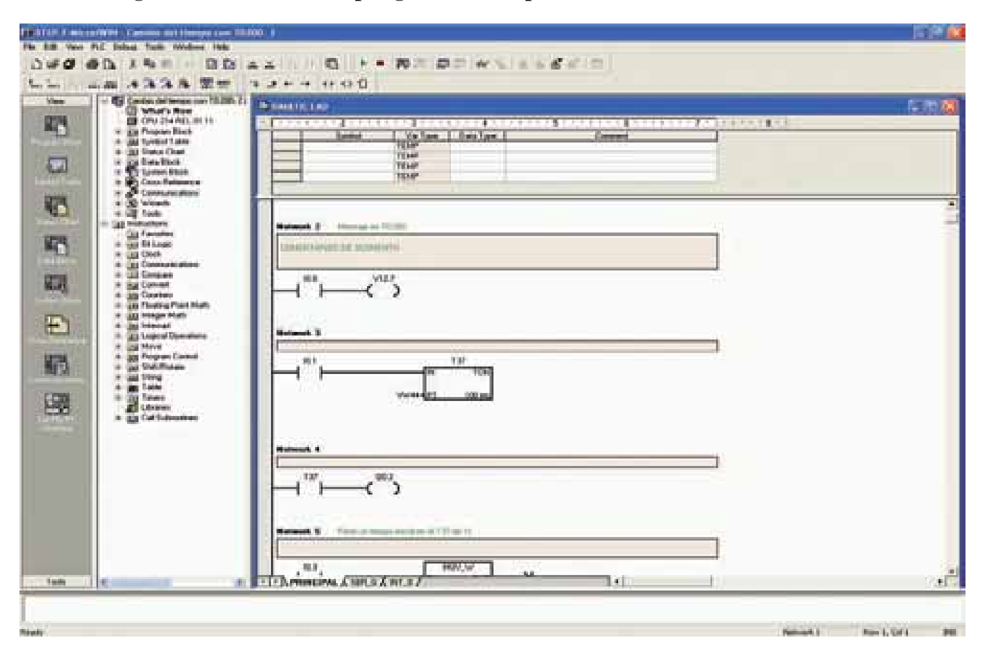
1.9. Equipos de programación

Los equipos de programación son los elementos que permiten la comunicación entre el usuario y el autómata.

Las funciones principales de un equipo de programación son:

- Introducir los programas en la memoria.
- Editar y modificar programas existentes en la memoria del autómata.
- Detectar anomalías en el formato de programación.
- Visualizar en tiempo real el estado de entradas y salidas.

En la actualidad los equipos de programación que se utilizan de forma mayoritaria, son los ordenadores personales, aunque algunos fabricantes disponen aún en sus catálogos de consolas de programación portátiles.

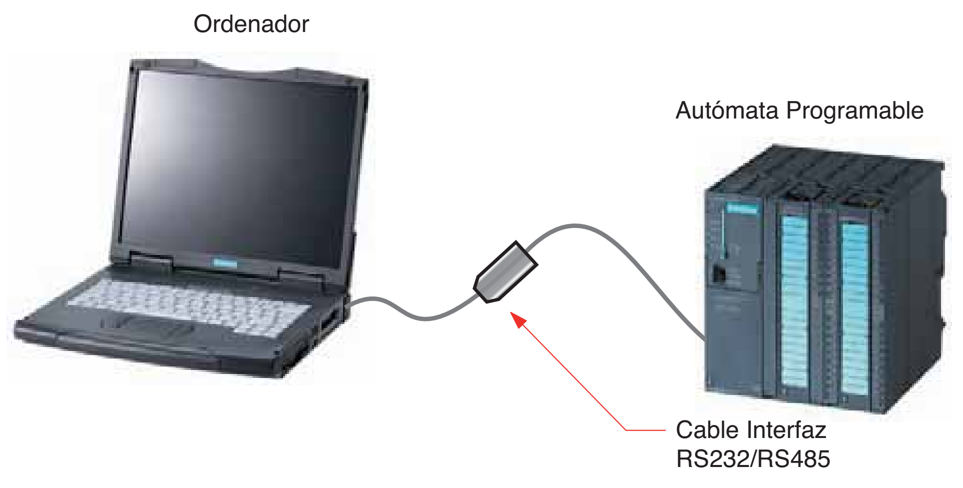


↑ **Figura 9.25.** *Software* de programación de autómatas en modo gráfico para entorno Windows.



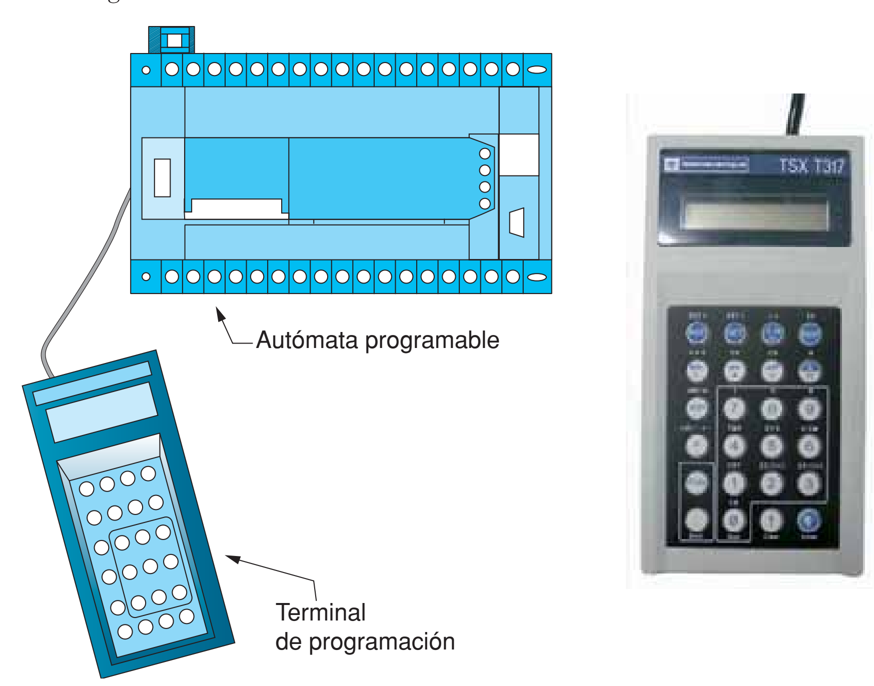
↑ **Figura 9.26.** Diferentes modelos de cables y adaptadores RS232/RS485 para la programación de Autómatas a través de PC (SIEMENS AG).

Para conectar el autómata con el ordenador, los fabricantes de autómatas han desarrollado interfaces de interconexión que permiten utilizar el PC como dispositivo de programación.



↑ **Figura 9.27.** Comunicación PC con autómata programable.

Las consolas de programación están constituidas por un teclado, con el que se introducen las instrucciones del programa, y una pantalla de cristal líquido, que permite visualizar y presentar datos. El uso de los ordenadores personales ha relegado su uso a aplicaciones muy concretas. Muchos fabricantes incluso las han descatalogado.



↑ **Figura 9.28.** Autómata con terminal de programación portátil y consola de programación.



saber más

La conexión de los autómatas programables al PC se hace por el puerto serie, que utiliza el protocolo RS232, sin embargo, en la actualidad está siendo sustituido por la conexión USB. En cualquier caso, siempre será necesario un adaptador a protocolo RS485, que es el que los autómatas utilizan para comunicarse con el dispositivo de programación.

A los elementos de comunicación hombre-máquina se les denomina comúnmente MMI *(Man Machine Interface).*

1.10. Periféricos

Los periféricos son equipos con posibilidad de conexión al autómata o a la red de comunicación industrial. Su misión es facilitar la labor del usuario en tareas de grabación, presentación e impresión de datos.

Estos son los periféricos más representativos:

Visualizadores y paneles de operación

Estos dispositivos se utilizan para la comunicación hombre-máquina y tienen como misión, entre otras funciones:

- Modificar parámetros del sistema.
- Obtener mensajes de alarmas.
- Visualización del estado del proceso.
- Forzar entradas/salidas.

Generalmente se utilizan en instalaciones que requieren continuos cambios de estado de las variables y un seguimiento constante del proceso mediante mensajes de texto o elementos gráficos.

Pueden ser de dos tipos:

- **Textuales**, que presentan la información en una pantalla de cristal líquido con mensajes en modo texto. Generalmente se les denomina visualizadores. Su uso puede hacerse tanto en la industria, como en instalaciones automáticas de viviendas y edificios.



↑ **Figura 9.29.** Panel de operación táctil.

- **Gráficos**, que representan el proceso a controlar en una pantalla de forma gráfica. En algunos casos este tipo de pantalla es de tipo táctil, pudiéndose actuar directamente sobre los elementos que aparecen en ella. Este tipo de periférico recibe el nombre de Panel de Operación (OP). Se utilizan como puestos de supervisión de procesos industriales.

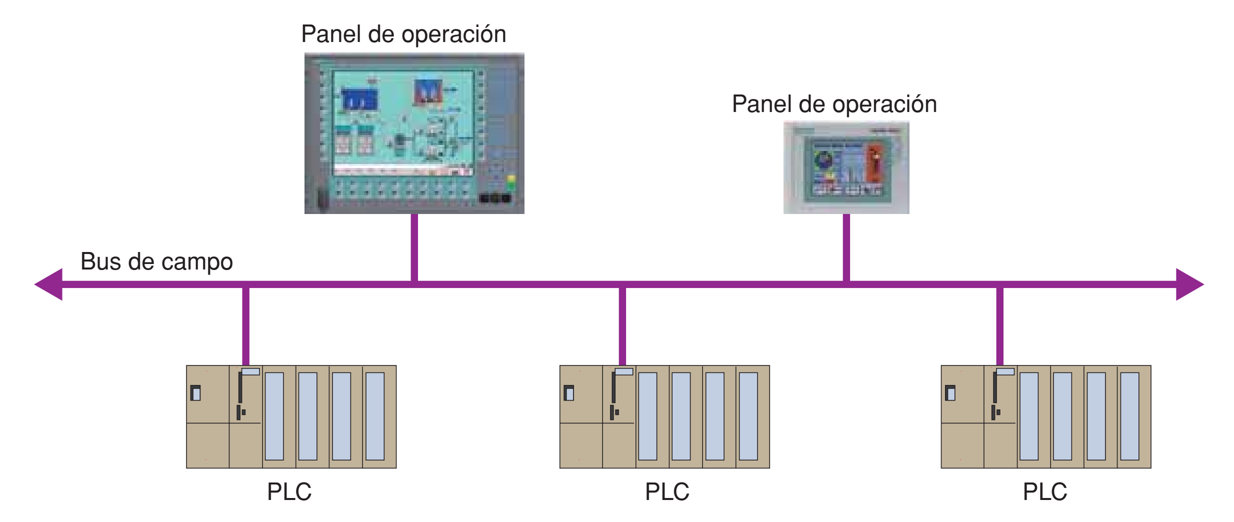


↑ **Figura 9.30.** Panel de operación textual (SIEMENS).

↑ **Figura 9.31.** Panel de operación gráfico (SIEMENS).

El control de menús, mensajes y entrada de parámetros se realiza por un teclado tipo membrana, adaptado a todo tipo de ambientes industriales o a mediante un ordenador personal, a través de un cable adaptador.

Se conectan directamente al autómata o en su caso a una red de autómatas. En la figura se puede ver cómo un OP actúa como supervisor de una red de autómatas.

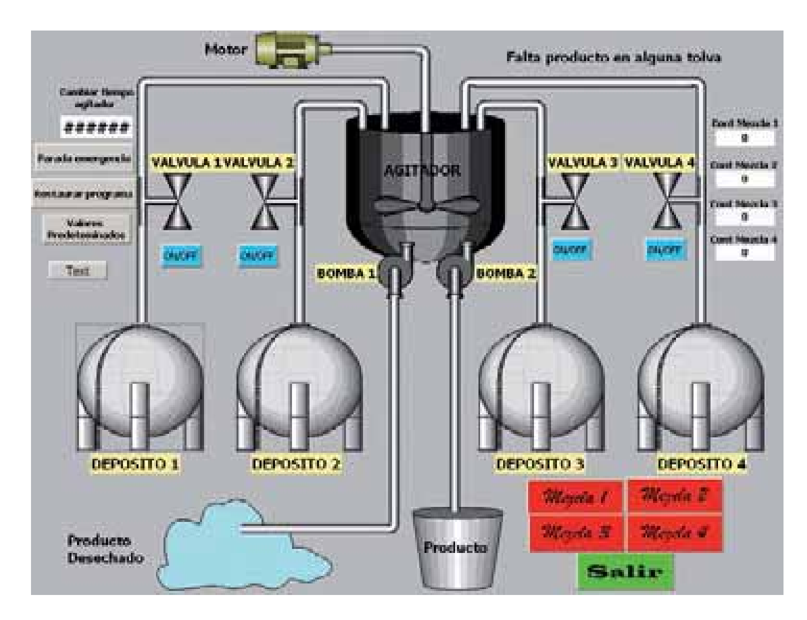


↑ **Figura 9.32.** Paneles de operación en una red de autómatas programables.

También se pueden utilizar ordenadores para tareas de visualización, supervisión y operación. En estos ha de estar previamente instalado un *software* denominado **SCADA** (Supervisory Control And Data Adquisition) que permite desde la pantalla del ordenador realizar las funciones de los paneles de operación.

Los programas **SCADA** no sustituyen a los interfaces de programación para PC, que poseen a algunos autómatas, sino que se encargan de informar y controlar en todo momento del estado del proceso productivo desde la pantalla de un ordenador.





→ **Figura 9.33.** Control de una aplicación desde un programa SCADA.

Los programas **SCADA**, permiten el diseño de los paneles de operación del proceso o instalación a controlar, pudiéndose incluir alarmas, captura de datos, generación de históricos, visualización de señales, etc.

1.11. Memory Card

De igual forma que muchos otros dispositivos informáticos (PC, teléfonos móviles, cámaras de fotos, etc.), los autómatas se benefician de las altas posibilidades de almacenamiento de las actuales tarjetas de memoria (Memory Card).

Estas son algunas de las ventajas de las tarjetas de memoria:

- Reducido tamaño.
- Rapidez de conexión.
- Transferencia prácticamente instantánea del programa al autómata en operaciones de mantenimiento.
- Borrado y grabación desde el propio autómata.

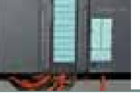
Para realizar copias de seguridad de los programas, algunos fabricantes han optado por el formato de cartucho, en lugar del de tarjeta de memoria.

Los cartuchos **EEPROM** son pequeños módulos enchufables al autómata en un *slot* específico creado para tal fin.





↑ **Figura 9.34.** Tarjeta de memoria. Varios tipos cartuchos de memoria.

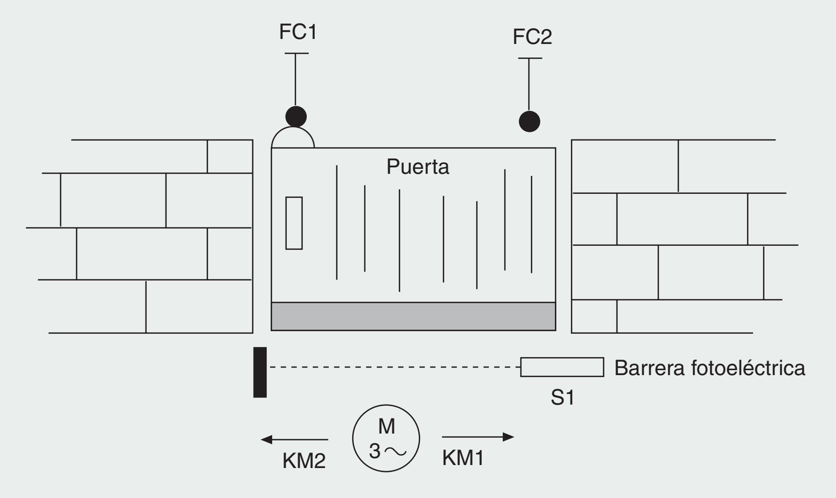


EJEMPLO

Utilizando un autómata programable, con las características indicadas en este enunciado, representar gráficamente la conexión de captadores y actuadores necesarios para controlar el automatismo de la figura, correspondiente a una puerta automática.

La red de alimentación del circuito es trifásica con neutro.

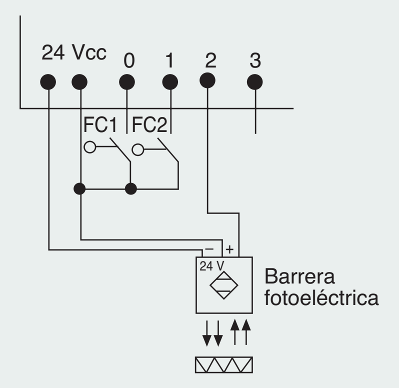
Características del autómata: alimentación 230 V, entradas a 24 Vcc y salidas a relés



← **Figura 9.35.** Ubicación de los elementos del automatismo.

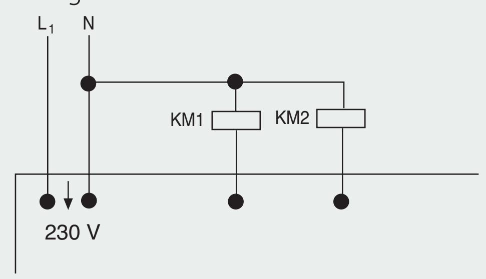
Solución:

1. Los elementos de captación son dos finales de carrera mecánicos (FC1 y FC2) y un detector fotoeléctrico tipo Réflex alimentado a 24 Vcc, cuya conexión al módulo de entradas digitales del autómata es:



← **Figura 9.36.** Conexión de los captadores.

2. El motor utilizado para al apertura y cierre de la puerta es trifásico a 400 V, por lo tanto para su control se utilizarán dos contactores KM1 y KM2, con bobinas a 230 V. Como las salidas del autómata son a relés, la conexión de los actuadores es la siguiente:



← **Figura 9.37.** Conexión de los actuadores

caso práctico inicial

La solución completa al automatismo del caso práctico es la del siguiente ejemplo.



2. Posibilidades de expansión del autómata programable



↑ **Figura 9.38.** Autómata programable con zócalo para módulos de ampliación (SIEMENS AG).

A medida que el proceso a automatizar gana en complejidad, el número de entradas y salidas necesarias, tanto analógicas como digitales, también aumenta proporcionalmente. Esto implica un aumento de módulos conectados al autómata. La mayoría de los autómatas programables permiten su interconexión con los denominados módulos de expansión. Estos son elementos, generalmente de entradas/salidas y otras aplicaciones especiales, que aumentan las posibilidades de comunicación con los actuadores y captadores del sistema.

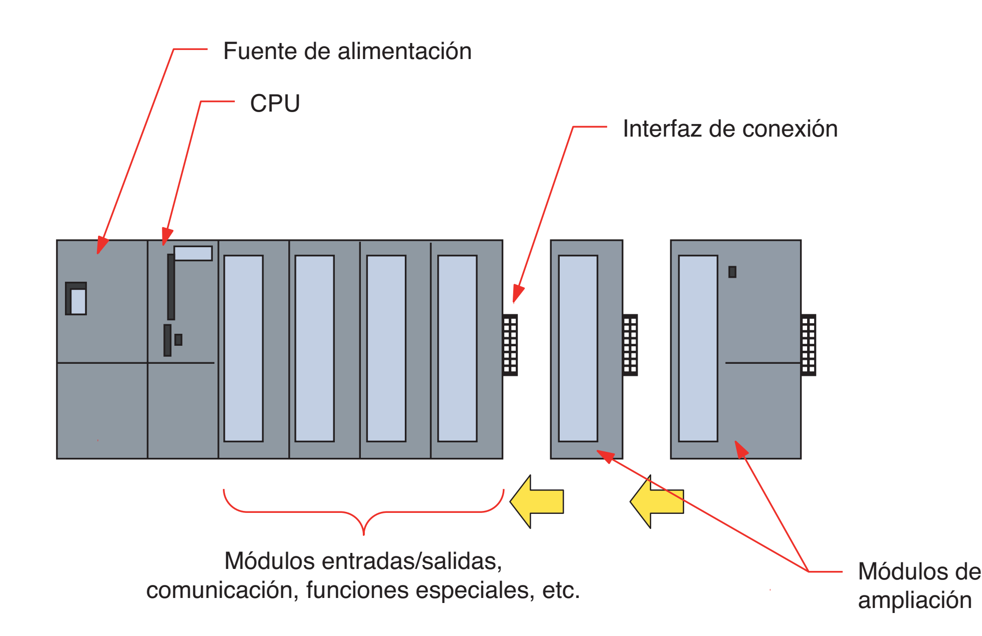
En los autómatas compactos y semicompactos, esta expansión es bastante limitada (de 3 a 10 módulos), sin embargo en los autómatas modulares aumenta considerablemente.

La interconexión entre todos los elementos se realiza por cables o elementos de buses específicos, diseñados por el fabricante.

En la siguiente figura se muestra cómo un autómata de tipo modular puede ampliar sus prestaciones.

saber más

La unión entre los diferentes dispositivos de un sistema automático se denomina red de comunicación industrial. A medida que el nivel del automatismo es superior en el tratamiento, la informática se hace más presente que la automática.



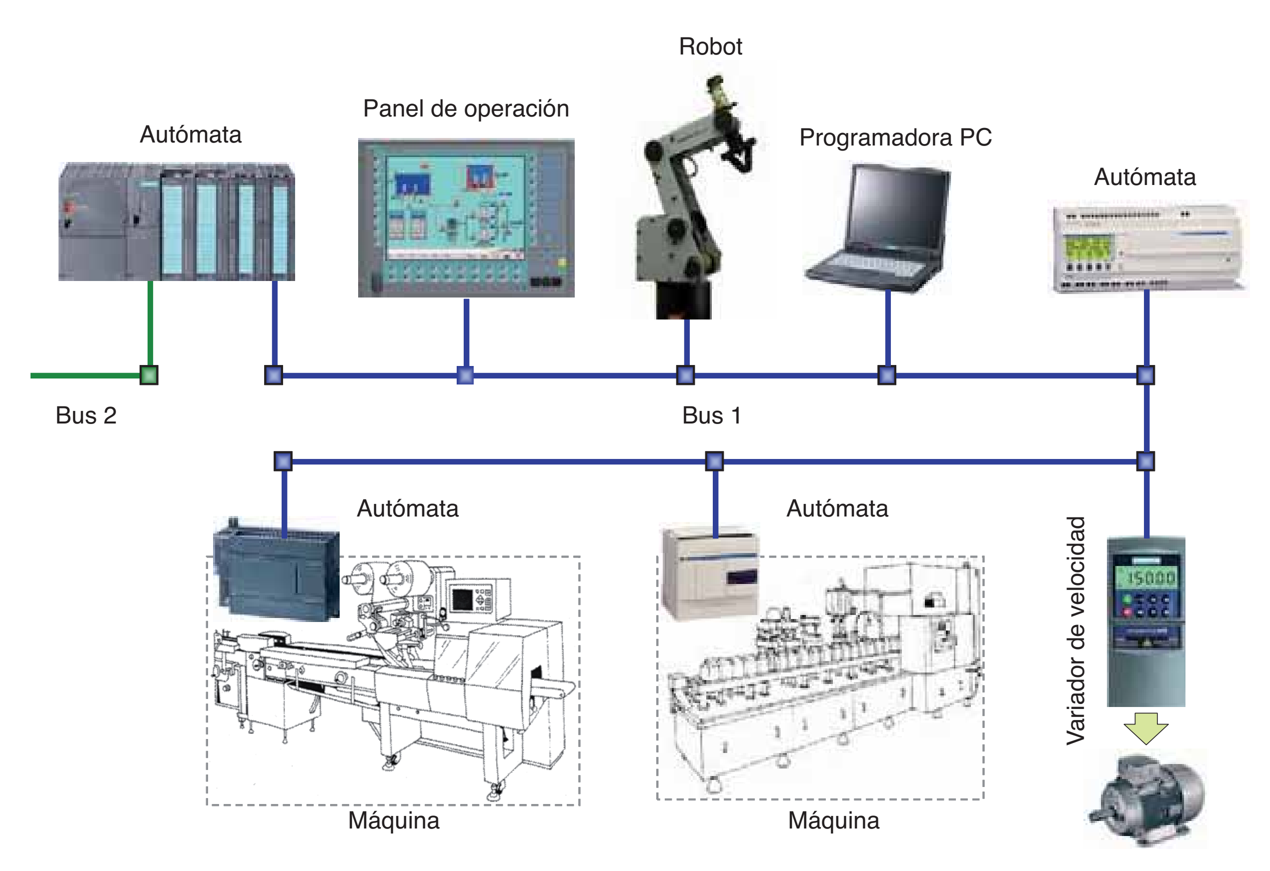
↑ **Figura 9.39.** Autómata con módulos de ampliación.

Cuando la distancia entre los elementos de un sistema automático es muy grande, la expansión por módulos no es operativa ya que aumenta el cableado y, con él, la complejidad de la instalación. En este caso, es necesario utilizar un sistema de comunicación industrial tipo bus, formando así una red de autómatas y, en general, de dispositivos para la automatización industrial.

2.1. Buses de comunicación industrial

Un bus es un sistema de interconexión que permite comunicar varios dispositivos entre sí, con un número de hilos muy reducido.





↑ **Figura 9.40.** Ejemplo de red de comunicación industrial

Desde hace mucho tiempo los fabricantes de autómatas han venido desarrollando redes de tipo local para la conexión de sus autómatas y elementos para la regulación y control. El principal problema que se ha dado hasta el momento ha sido que cada uno de ellos ha creado un estándar propio no compatible con los demás. Está problemática se ha solucionado en gran medida con los grupos de desarrollo, formados por los propios fabricantes, para confeccionar sistemas de comunicación universales, de forma que cualquier dispositivo de red pueda comunicarse con otro, aunque no sean de la misma firma comercial.

Entre los sistemas de bus utilizados en la industria, tres destacan por su amplia implantación: **Profibus,** bus **AS-i** y **Ethernet.** Aquí se da una visión general de los dos primeros.

PROFIBUS

El Profibus (Process Field Bus) es una red universal de altas prestaciones desarrollada para la automatización industrial. Permite comunicar dispositivos electrónicos (autómatas, variadores de velocidad, etc.) independientemente de quién los haya fabricado.

Se caracteriza por trabajar en modo **maestro-esclavo**, donde el maestro es un autómata programable encargado de inicializar la red y recibir los datos de los módulos de E/S de los diferentes esclavos para procesarlos.

El número máximo de elementos participantes es de 126. Su interconexión se puede realizar por un par trenzado tipo apantallado o por un cable de fibra óptica, cuya longitud máxima es de 10 km para el primero y 100 km para el segundo.

La topología de la red puede ser en estrella, línea, árbol o anillo.

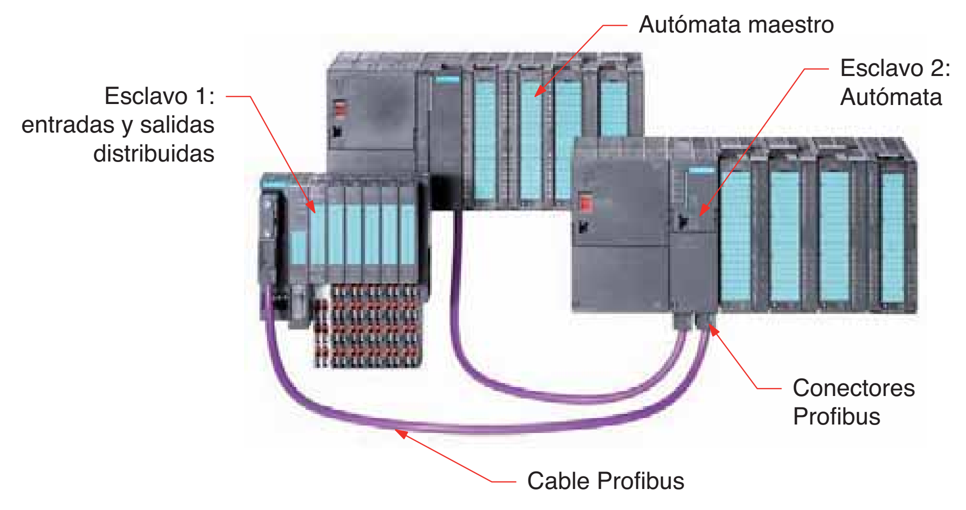


↑ **Figura 9.41.** Conector y cable PROFIBUS.

saber más

En una red PROFIBUS se pueden utilizar dispositivos de diferentes fabricantes.

Existen tres versiones diferentes de la familia Profibus (DP, FMS y PA), pero el más utilizado es el denominado DP, para aplicaciones de Periferia Descentralizada (por ejemplo: entras y salidas distribuidas).



↑ **Figura 9.42.** Ejemplo de una red Profibus-DP.

Bus AS-i

El bus AS-i (Actuador-Sensor, interface) se instala en el nivel más bajo del automatismo, el que une los captadores y actuadores con los elementos de control.

El método tradicional para la conexión de elementos de captación/actuación en sistema automático consiste en unir cada interruptor, final de carrera, detector, bobina, etc. en paralelo con su correspondiente entrada/salida del autómata. El bus **AS-i** pretende eliminar este tipo de comunicación, que genera un gran cableado hacia el autómata. Un solo cable de dos hilos sin apantallar une todos y cada uno de los actuadores-sensores del sistema.

vocabulario

Español-Inglés

Cable: *wire*

Maestro: *master*

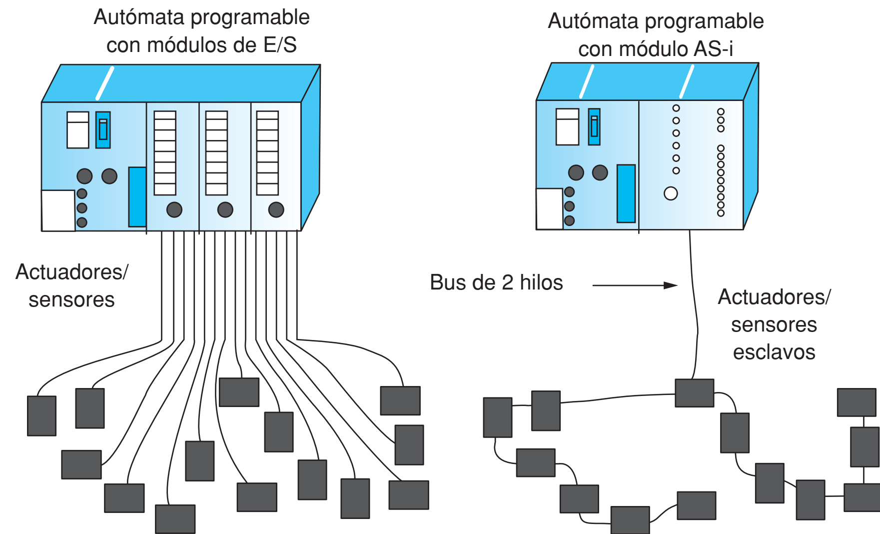
Esclavo: *slave*

Fuente de alimentación: *power supply*

Entrada: *input*

Salida: *output*

Bus de campo: *field bus*



↑ **Figura 9.43.** Cableado convencional y AS-i.

saber más

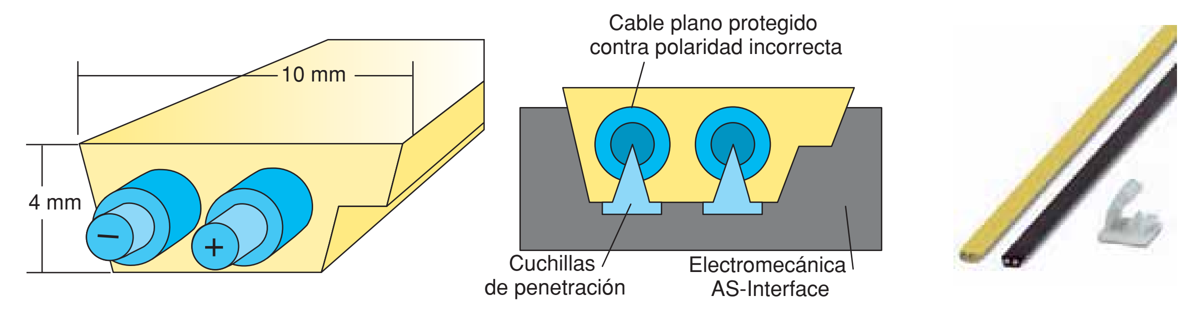
En una red AS-i se pueden utilizar dispositivos de diferentes fabricantes.

El acceso a la red utiliza el método maestro-esclavo. El maestro es un autómata y los esclavos los diferentes dispositivos con acoplamiento AS-i.

Elementos del Bus AS-i

a) **El cable:** está formado por dos hilos sin apantallar. Es de tipo plano y su funda dispone de un sistema de seguridad para evitar errores de polaridad.

El cable amarillo es el del bus. El cable negro es necesario cuando se conectan actuadores de 24 Vcc a los esclavos que se activan a través del propio sistema. También existe un cable de color rojo para actuadores de 230 VCA.



↑ **Figura 9.44.** Cable AS-i.

b) **Módulo AS-i esclavo:** son los encargados de conectar los sensores y actuadores al sistema.

Hay dos tipos de esclavos:

- **Módulos de usuario**, son dispositivos de entradas/salidas para la conexión de actuadores y sensores estándar. Existen módulos para cuadro que permiten la fijación del cable mediante borne por tornillo y módulos para exterior (montaje en superficie) en los que la conexión al cable se realiza pinchando directamente por bornes tipo cuchilla.







↑ **Figura 9.46.** Detalle de conexión de cables AS-i en pieza de acoplamiento de un módulo de usuario.


↑ **Figura 9.45.** Módulos AS-i de superficie y de cuadro (Siemens AG).


- **Actuadores/Sensores AS-i**: permiten la conexión directa al bus.




↑ **Figura 9.47.** Sensores/Actuadores específicos para AS-i.





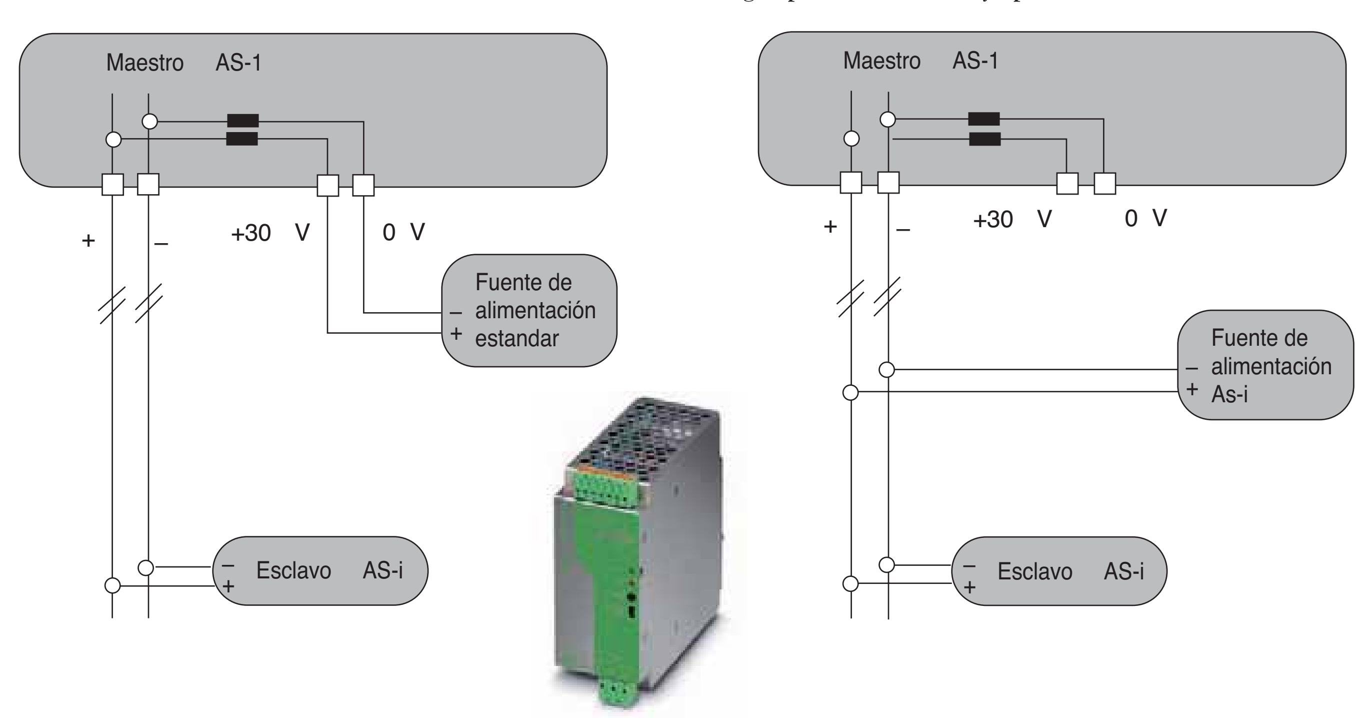
↑ **Figura 9.48.** Autómata S7-200 de Siemens con Módulo AS-i (maestro).

c) **Módulos maestros:** son los encargados de procesar toda la información del bus. En una red AS-i solamente puede haber un maestro. Los maestros pueden ser módulos autónomos específicamente diseñados para tal fin, que se conectan como otro módulo al autómata.

d) **Fuente de alimentación:** es la encargada de alimentar los diferentes esclavos conectados al bus a una tensión de 30 Vcc.

El propio cable (amarillo) que es utilizado para la comunicación entre los captadores de la red es utilizado como soporte para su alimentación.

Si se utilizan actuadores que se activan a través del propio sistema, es necesario utilizar una fuente de alimentación auxiliar. En este caso, se debe añadir un cable auxiliar de color negro para 20 Vcc o rojo para 230 Vac.



↑ **Figura 9.49.** Fuente de alimentación AS-i (cortesía Phoenix Contact). Conexión de la fuente de alimentación a la red AS-i



↑ **Figura 9.50.** Programadora de direcciones AS-i (SIEMENS AG).

e) **Programadora de direcciones**: permite programar el direccionamiento de los diferentes esclavos que intervienen en una red AS-i. Suelen ser de tipo portátil y se conecta directamente al cable del bus.

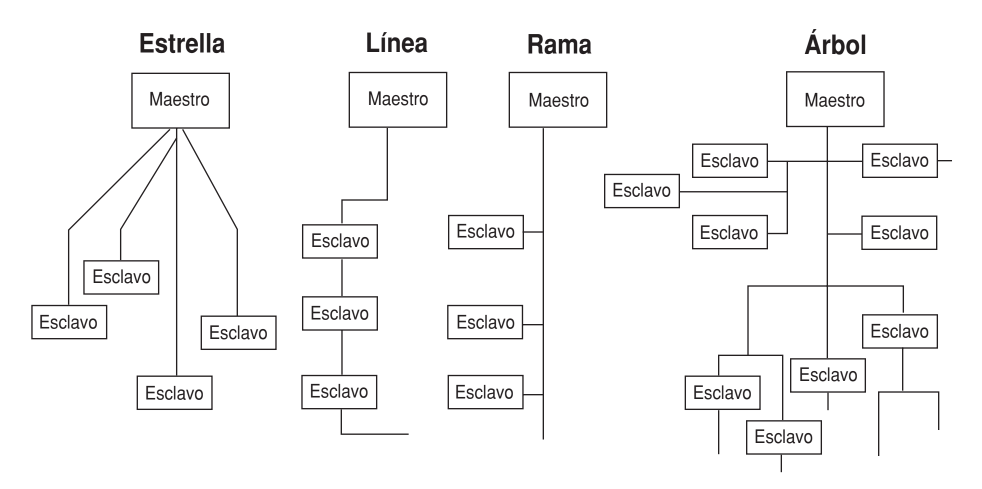
f) **Estructura de la red AS-i**

El bus AS-i se estructura en forma de estrella, línea, rama o árbol.

La longitud máxima del cable no debe pasar de los 100 m. Cuando existan diferentes ramificaciones, se sumarán las longitudes de cada una de ellas para obtener el límite permitido.

ACTIVIDADES

2. Conecta la programadora de direcciones en un esclavo AS-i y observa que dirección tiene en el bus. Siguiendo el manual de instrucciones del fabricante, de una nueva dirección al módulo.



↑ **Figura 9.51.** Topología de una red AS-i.

El número máximo de participantes (esclavos) de una red AS-i es de 31, siendo posible conectar hasta 62 en modo extendido (esclavos B).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una red AS-i:

PLC
Maestro AS-i
230 Vca
Bus AS-i
Finales de carrera AS-i
Relé programable AS-i
Final de Carrera
Fuente de alimentación AS-i
Detector Ind.
Contactor
Arrancador AS-i
Relé
Panel de operación AS-i
Módulo AS-i
2E/2S
230 Vca
Alimentación Aux.
24 Vcc
Fuente de
alimentación Auxliiar
24 Vcc
Variador de velocidad AS-i
Pulsador
Seta AS-i
Motor

↑ **Figura 9.52.** Ejemplo de una red AS-i.



ACTIVIDADES FINALES

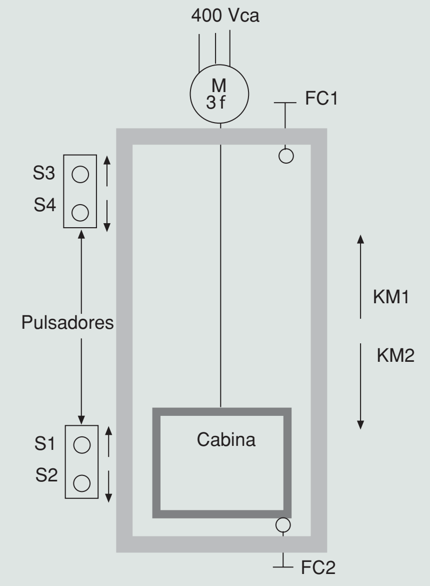
1. Realiza un dibujo esquemático de un autómata identificando las partes que a continuación se detallan:
   - Tensión de alimentación.
   - Puesta a tierra del autómata.
   - Alojamiento de la pila.
   - Alojamiento de tarjeta o cartucho de memoria.
   - Conector de conexión del interface de la consola o del ordenador.
   - Número de entradas y salidas.
   - Panel de visualización.

2. Dibuja los esquemas de mando y fuerza para el arranque estrella/triángulo de un motor trifásico mediante un autómata programable.

3. Haz lo mismo para invertir el sentido de giro del motor de la actividad anterior.

4. Dibuja los esquemas de mando y fuerza, para gobernar el automatismo de un montacargas como el de la figura 9.53 con un autómata programable.

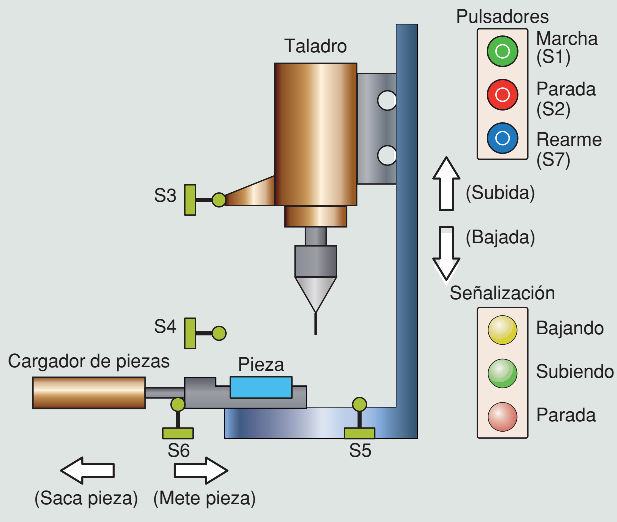
   Los materiales utilizados son los siguientes:
   - Elementos de captación:
     – Cuatro pulsadores para bajar y subir la cabina, S1, S2, S3 y S4.
     – Dos finales de carrera para detectar las posiciones de la máquina FC1 y FC2.
   - Elementos de actuación:
     – Dos contactores KM1 y KM2 para gestionar la inversión de giro del motor trifásico.
   - Elementos de protección:
     – Un relé térmico.
     – Magnetotérmico bipolar para el circuito de mando.



↑ **Figura 9.53.**

■ 5. Dibuja los esquemas de mando y fuerza necesarios para automatizar el taladro semiautomático de la figura mediante un autómata programable. Elabora previamente la lista de materiales necesarios para realizar este montaje. Ten en cuenta que todos los movimientos (cargar pieza, girar broca y bajar y subir taladro) se realizan con motores eléctricos trifásicos.

De momento no es necesario que conozcas todos los detalles de funcionamiento de esta máquina.



↑ **Figura 9.54.**

■ 6. Representa gráficamente el circuito de la actividad anterior, utilizando una red AS-i, de dos formas diferentes:

a) Los elementos de captación y actuación son convencionales de tipo electromecánico.
b) Los elementos de captación y actuación son conectables directamente al bus.

Utiliza un catálogo de fabricante para ver cuál de las dos opciones es la más económica.

entra en internet

■ 7. Busca en internet al menos cinco fabricantes de autómatas programables y descarga sus catálogos.

■ 8. Localiza las hojas de características de cinco autómatas programables cuyas conexiones de entradas/salidas y alimentación sean diferentes. Copia las imágenes con los esquemas, elabora un documento en tu procesador de textos y entrégaselo al profesor.

■ 9. Localiza el manual, y toda la documentación adicional que puedas, sobre el autómata programable que has utilizado en las actividades anteriores.

■ 10. Utilizando internet, realiza un trabajo sobre aplicaciones de los autómatas programables en la industria, analizando los sectores en los que más se utilizan.

■ 11. Elabora una lista con seis tipos de buses industriales a los que se puedan conectar autómatas programables.

■ 12. Echa un vistazo a las siguientes páginas *web* relacionadas con el mundo de los autómatas:

- REEA (http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/portada/index.htm)
- InfoPLC (www.infoplc.net)
- Autómatas Industriales (www.automatas.org)

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas de automatismos cableados
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico bipolar
- Un autómata programable o relé programable
- Cable de línea de 1,5 mm^2
- Manguera de 5x 2,5mm^2
- 6 pulsadores, normalmente abiertos, para raíl normalizado
- 4 lámparas de 230 Vca para raíl normalizado

Puesta en servicio de un autómata programable

OBJETIVO

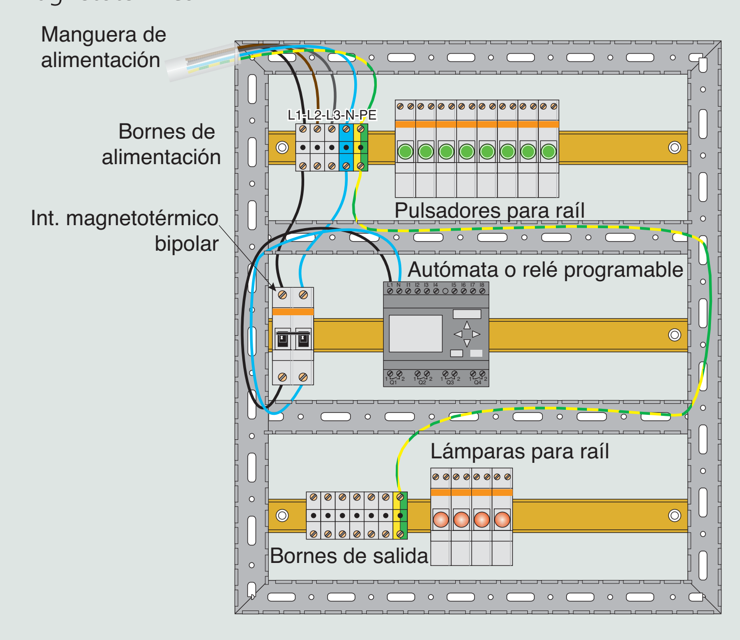
Identificación de las partes de un autómata programable y puesta en servicio del mismo.

PRECAUCIONES

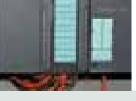
- Importante: en esta ficha de trabajo se ha utilizado un relé programable de alimentación a 230 Vca, con entradas a 230 Vca y salidas a relés libres de tensión. El autómata que tú utilices puede ser diferente al que aquí se propone. Por tanto, se hace absolutamente necesario consultar la hoja de características del fabricante, para realizar correctamente las conexiones y no deteriorar de forma irremediable la electrónica del autómata.
- No manipular las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

DESARROLLO

1. Utilizando el panel de pruebas de otras actividades, retira todos los aparatos excepto los bornes de entrada y de salida.
2. Sustituye el magnetotérmico tripolar por uno bipolar.
3. Fija el autómata sobre el raíl central, los pulsadores sobre el superior y las lámparas en el inferior.
4. Conecta una de las fases y el neutro a la alimentación del autómata, pasando ambos conductores a través del interruptor magnetotérmico.

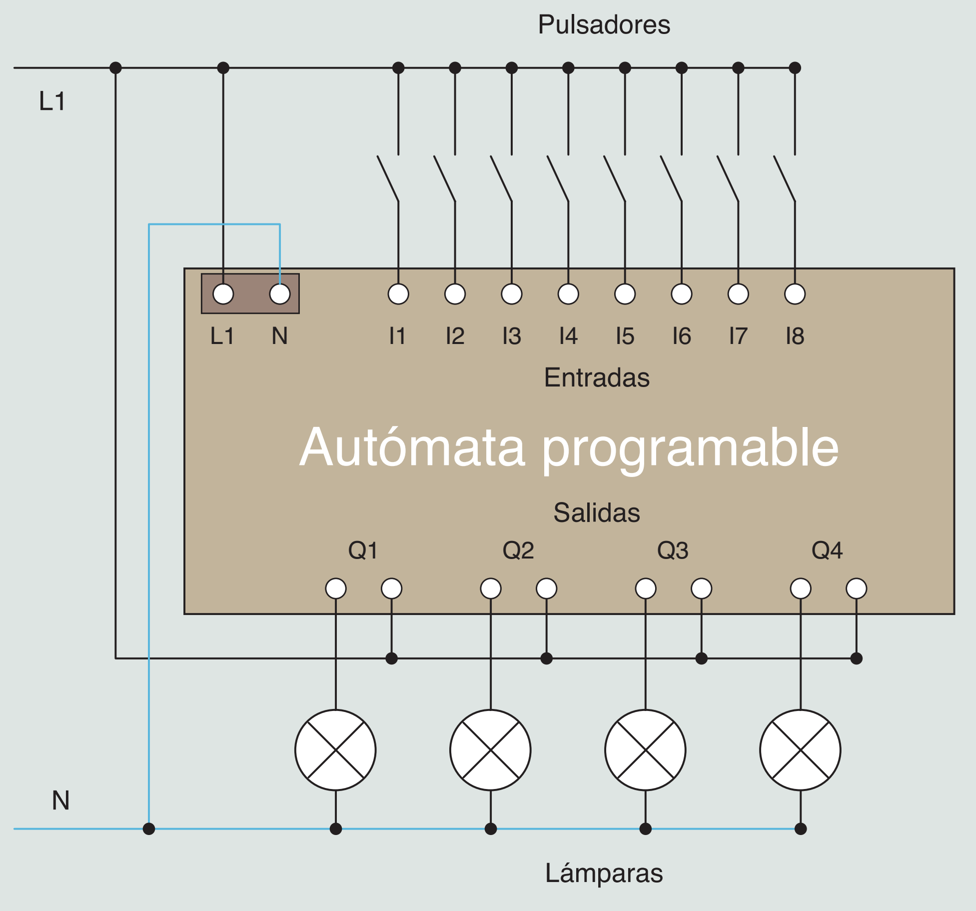


← **Figura 9.55.** Ubicación de la aparamenta en el panel de prueba.



5. Conecta la manguera a la red de alimentación y acciona el magnetotérmico para probar que el autómata se enciende correctamente.

6. Dibuja un esquema con las conexiones de los pulsadores a las entradas del autómata y las lámparas a las salidas.



↑ **Figura 9.56.** Conexión de pulsadores y lámparas al autómata programable.

7. Realiza, sobre el panel, las conexiones de los pulsadores a las entradas y las lámparas a las salidas.

8. Tapa la canaleta y conecta el panel de pruebas a la red de alimentación.

9. Conecta el cable de comunicación entre el ordenador y el autómata.

   Nota: Previamente debes haber instalado el *software* de programación del autómata.

10. Realiza una prueba de comunicación.

11. Transfiere el programa de prueba que te ha pasado el profesor. No intentes deducir qué significa dicho programa, ya tendrás tiempo en la siguiente unidad de aprender cómo se realiza la programación de autómatas.

12. Acciona los pulsadores individualmente y observa qué ocurre con las salidas.

13. Realiza esta supervisión en presencia de tu profesor y confirma que todo ha funcionado correctamente.



MUNDO TÉCNICO

Comunicación *Wireless*

Wireless significa *sin cables* en inglés. Una red *wireless,* es aquella que permite la comunicación de las salidas y entradas de un sistema de control (autómata programable) con los actuadores (motores, por ejemplo) y sensores (todo tipo de detectores) sin la necesidad de que exista una conexión física, es decir, sin cables. Se trata entonces de una conexión inalámbrica industrial.

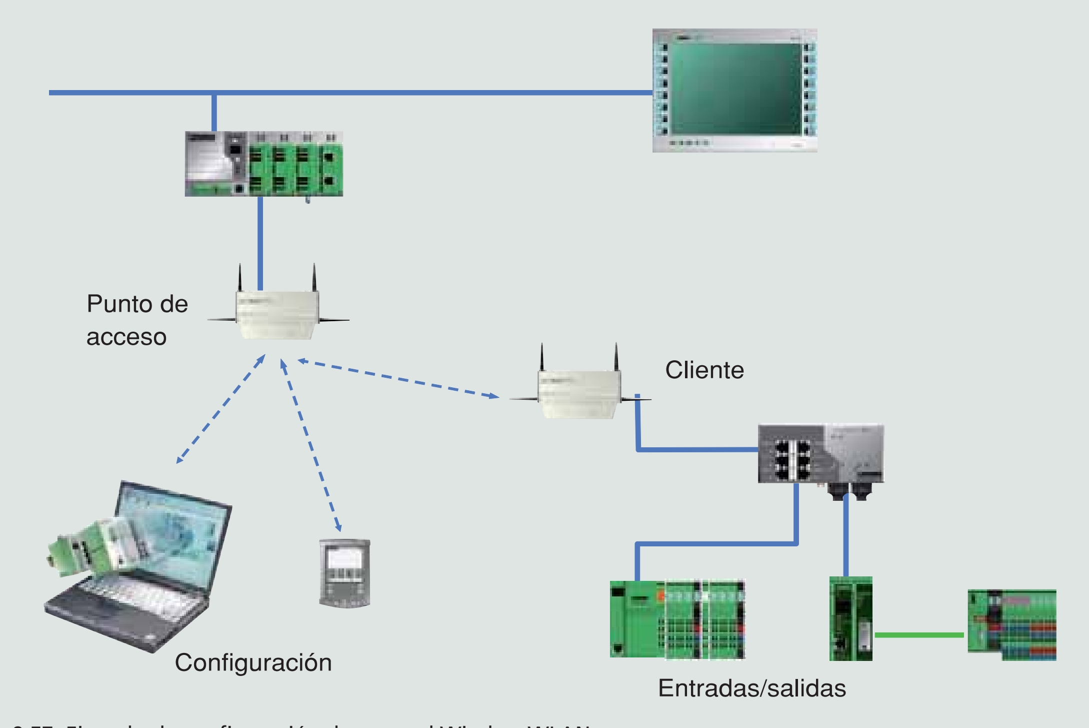
Puede ser ventajosa este tipo de conexión, cuando se pretende comunicar con zonas de difícil acceso, o en diversas aplicaciones en las que la existencia de cables dificulten el proceso, como por ejemplo en todo tipo de robots, así como en instalaciones domóticas.

La transmisión de la señal se realiza vía radio, y en función de la tecnología utilizada, existen varias opciones:

- WLAN (Wireless Lan): pertenece a la familia de redes de área local. Permite el intercambio de gran cantidad de información en distancias no muy largas.
- BLUETOOTH: permite la comunicación de aparatos móviles en distancias cortas. Tiene gran inmunidad frente a interferencias electromagnéticas (por ejemplo, otras redes WLAN ya instaladas).
- TRUST WIRELESS: se utiliza cuando la cantidad de información que hay que enviar es poca pero la distancia es más larga (puede llegar a alcanzar hasta 10 km instalando la antena adecuada), además el tiempo de actualización de dichas señales no es crítico.
- GSM/GPRS: permiten la transmisión de información a grandes distancias (hasta cientos de kms) y hacen posible el control mediante el uso mensajes SMS.

En cualquiera de las cuatro tecnologías es necesario instalar una antena emisora (punto de acceso) y otra receptora de la información (cliente). En cuanto a la distribución de la información, esta puede ser unidireccional, bidireccional, multipunto, etc.

Es importante destacar la seguridad que en la actualidad presentan este tipo de comunicaciones frente a los accesos de intrusos que podrían pretender dañar el sistema.



↑ **Figura 9.57.** Ejemplo de configuración de una red Wireless WLAN.

EN RESUMEN

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. **Una entrada «todo o nada» es aquella que:**
   a) Detecta diferentes valores dentro de un rango.
   b) Detecta solamente dos valores, uno máximo y otro mínimo.
   c) Permite conectar sensores de tipo analógico.
2. **Un panel de operación es:**
   a) Un elemento que permite la programación de autómatas.
   b) Un cuadro eléctrico en el que se fija un autómata programable.
   c) Una pantalla que permite el control y la supervisión de un proceso industrial.
3. **Con una entrada analógica se puede:**
   a) Medir una temperatura.
   b) Activar un contactor.
4. **AS-i es:**
   a) Un modelo de autómata programable.
   b) Un bus de comunicación.
   c) Un tipo de tarjeta de memoria.
5. **En los módulos de salida a colector abierto se pueden conectar actuadores a 230 V.**
   a) Verdadero.
   b) Falso.
6. **Si se extrae una Memory Card del autómata se borra el programa que contiene.**
   a) Verdadero.
   b) Falso.
7. **La memoria RAM mantiene el programa en el autóma ante un fallo de tensión en la instalación:**
   a) Verdadero.
   b) Falso.
8. **PLC es sinónimo de autómata programable:**
   a) Verdadero.
   b) Falso.

10 Programación de autómatas

vamos a conocer...

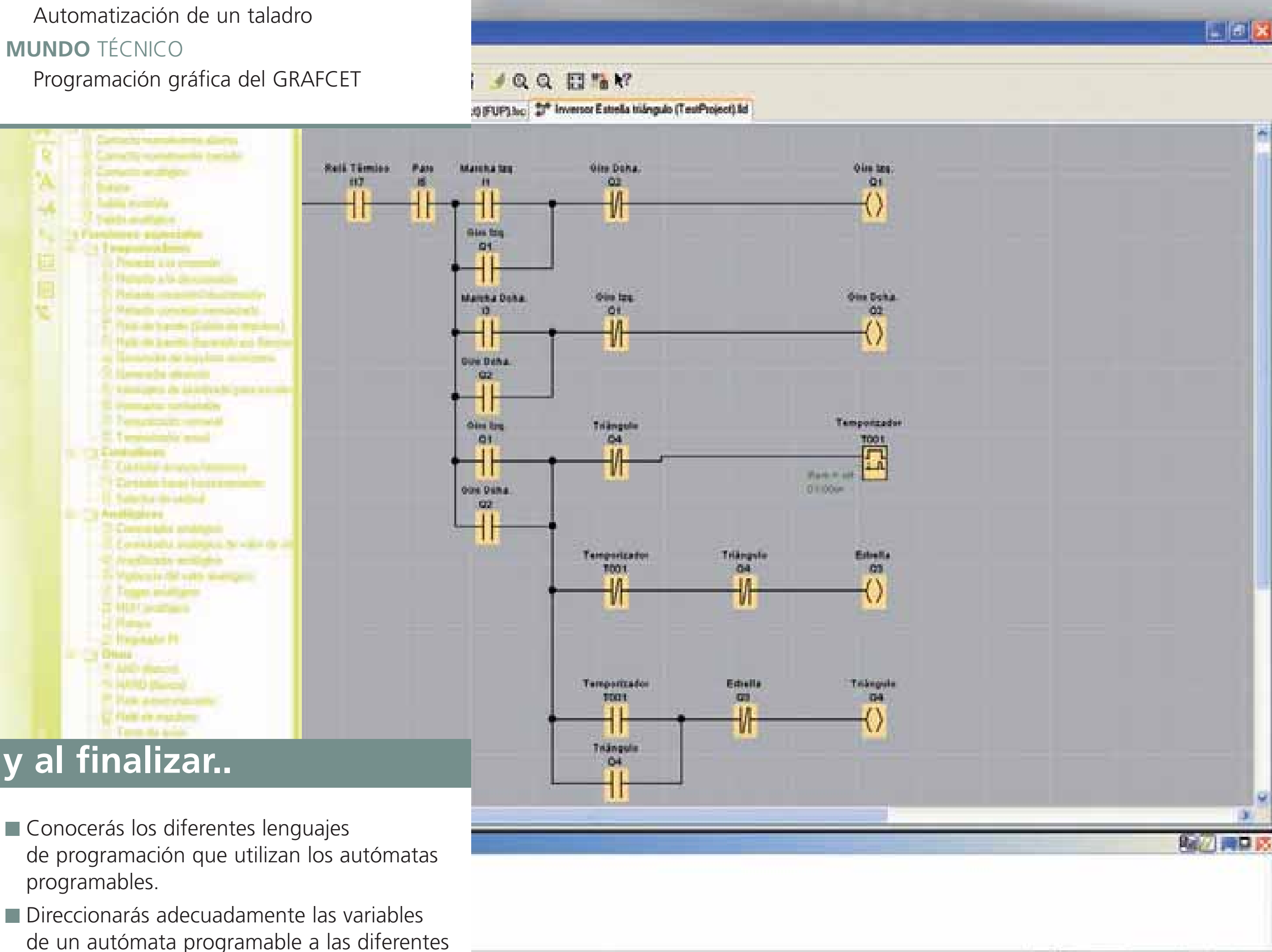
1. Zonas de memoria del autómata programable
2. Lenguajes de programación
3. Representación en lenguaje de contactos
4. GRAFCET

PRÁCTICA PROFESIONAL

Automatización de un taladro

MUNDO TÉCNICO

Programación gráfica del GRAFCET



y al finalizar..

- Conocerás los diferentes lenguajes de programación que utilizan los autómatas programables.
- Direccionarás adecuadamente las variables de un autómata programable a las diferentes zonas de memoria.
- Sabrás programar de forma básica en lenguaje de contactos.
- Implementarás circuitos secuenciales mediante GRAFCET en autómatas programables.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Los técnicos de mantenimiento de una cadena de mecanizado de piezas están pensando adaptar las máquinas antiguas de taladrado, a los nuevos sistemas de fabricación. La maquinaria antigua dispone de circuitos de automatismos eléctricos cableados, que no son demasiado flexibles para su integración en los nuevos procesos.

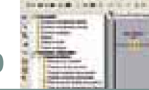
Después de realizar un estudio de los diferentes sistemas automáticos, que se pueden aplicar a las nuevas tareas de automatización de máquina-herramienta, parece claro que el uso de autómatas programables es la mejor opción.

Sin embargo, y viendo la diversidad de lenguajes de programación que disponen algunos PLCs, se debe tomar la decisión de utilizar el lenguaje que mejor se adapte al perfil electromecánico de los técnicos de mantenimiento de empresa y que permita desarrollar procesos secuenciales con facilidad.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las tres primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Seguramente que alguna vez has oído hablar algo relacionado con lenguajes de programación ¿Qué entiendes por este concepto?
2. ¿Qué necesitarían los técnicos de la empresa nombrada para transferir los programas a los autómatas programables?
3. Busca en internet algún documento relacionado con los lenguajes de programación para autómatas y nombra los que has localizado.
4. Si los técnicos de mantenimiento de la empresa de mecanizado tienen conocimientos de automatismos eléctricos cableados ¿Cuál de los lenguajes de programación crees que se adapta mejor a su perfil profesional? ¿Por qué?
5. Las máquinas de taladrado que se van a automatizar, disponen de un funcionamiento secuencial ¿crees que es adecuado el GRAFCET como método para dar solución a los problemas de automatización planteados?
6. Si se utiliza el GRAFCET ¿Qué elementos gráficos habrá que utilizara para implementar paradas de emergencia y rearmes?
7. ¿Qué parte del GRAFCET se encarga de activar las salidas físicas del autómata para gestionar el funcionamiento de los motores de los taladros?



1. Zonas de memoria de un autómata programable

Los autómatas programables almacenan los datos que procesan en diferentes zonas de memoria. El desarrollo de programas requiere conocer adecuadamente el acceso a estas zonas, tanto para escribir como para leer datos.

Las más comunes en la mayoría de los autómatas programables son:

Zonas de memoria	Identificador	Procesan:
Entradas	I	Entradas físicas
Salidas	Q	Salidas físicas
Marcas	M	Variables de procesamiento interno
Temporizadores	T	Valores de tiempo
Contadores	C	Valores de cómputo
Variables de sistema	SM	Operaciones propias del sistema

saber más

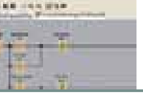
A los módulos E/S de un autómata programable también se les denomina **canales.**

- **Entradas (I).** Detectan el estado de los captadores conectados a los bornes de las entradas del autómata.
- **Salidas (Q).** Se encarga de activar los actuadores y preactuadores desde el módulo de salidas del autómata.
- **Marcas (M).** También llamadas memorias o bits internos.

  Tienen un comportamiento similar al de los relés auxiliares en la lógica cableada.
- **Temporizadores (T).** Los temporizadores generan eventos cuando alcanzan un valor de tiempo predeterminado.

  Su comportamiento es similar a los utilizados en la lógica cableada. Existen temporizadores a la conexión y a la desconexión.
- **Contadores (C).** Los contadores originan eventos cuando alcanzan un determinado número de sucesos.
- **Variables o bits de sistema (SM).** También denominadas marcas de sistema, se encargan de realizar tareas prefijadas por el fabricante en el sistema operativo del autómata.

  Cada modelo tiene sus propios bits de sistema y para conocerlos se hace necesario consultar el manual de usuario.



Direccionamiento

Para que un autómata programable pueda procesar datos de las zonas de memoria, el técnico programador debe hacer referencia a dichas zonas adecuadamente en el momento de la elaboración del programa.

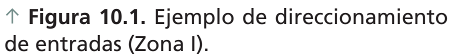
El direccionamiento es la forma de «**apuntar**» a una variable en el programa de usuario y puede ser diferente según el modelo o fabricante del autómata programable. En esta unidad se utiliza una forma genérica de direccionamiento, que debes adaptar al dispositivo que tú emplees en el aula-taller.

El direccionamiento a una variable del autómata, se realiza escribiendo el **operando** en formato textual. En él se representa, con letras, la zona de memoria a la que se tiene acceso y, con números, el orden de la variable en dicha zona de memoria.

Varios ejemplos de direccionamiento son:

Operando		Operando	
I 10	Entrada número 10	**M 20**	Marca interna número 20
I 4	Entrada número 4	**T 10**	Temporizador número 10
Q 1	Salida número 1	**T 25**	Temporizador número 25
Q 7	Salida número 7	**C 4**	Temporizador número 4





↑ **Figura 10.1.** Ejemplo de direccionamiento de entradas (Zona I).



↑ **Figura 10.2.** Ejemplo de direccionamiento de salidas (Zona Q).

saber más

El direccionamiento de entradas/salidas pueden ser diferentes según el tipo y la firma comercial del autómata.

Por tanto, siempre que se instale un nuevo equipo, es necesario consultar los manuales de usuario.

2. Lenguajes de programación

El lenguaje de programación es el encargado de manejar el juego de instrucciones del autómata para realizar las funciones lógicas y de cálculo de la CPU.

El programa de usuario se procesa en la memoria del autómata y se introduce a través de la consola o terminal de programación.

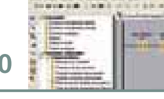
Para realizar la programación de forma adecuada, el técnico debe conocer con detalle las diferentes zonas de memoria del autómata programable y su direccionamiento.

Según la norma UNE-EN 611131-3 (que concuerda con la IEC 1131-1) cuatro pueden ser los lenguajes de programación para autómatas. Dos en formato texto y otros dos en formato gráfico, pudiendo ser combinables y complementarios entre sí.

vocabulario

Bit

Es la unidad básica de información, 8 bits forma un **Byte,** 2 bytes (16bits) forman una palabra (**Word**). La palabra de 32 bits se denomina doble palabra (**DW**).



vocabulario

Nemotecnia

Es un conjunto de símbolos que generan una memoria artificial.

caso práctico inicial

El lenguaje LD es el que más similitudes tiene con los esquemas eléctricos de automatismos industriales.

Así, este lenguaje es el que mejor se adapta a los técnicos de mantenimiento del caso práctico.

saber más

Simatic S7 denomina a los lenguajes **AWL** al lenguaje por lista de instrucciones, **KOP** al lenguaje de contactos y **FUP** al lenguaje de funciones.

2.1. Lenguajes gráficos

Permiten la elaboración de programas de forma gráfica, dibujando los esquemas mediante el dispositivo de programación.

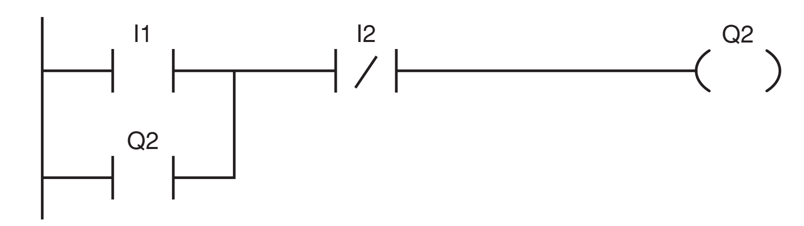
Son de dos tipos:

- Lenguajes gráficos de contactos (LD) (KOP).
- Lenguajes gráficos de funciones lógicas (FBD) (FUP).

Lenguaje gráfico de contactos (LD) (KOP)

Los símbolos empleados son similares a los de los esquemas de circuitos eléctricos a relés, por lo tanto, la transcripción para un técnico automatista es mucho más inmediata que otro tipo de lenguaje.

El abaratamiento de los equipos informáticos está favoreciendo el empleo de la programación gráfica.



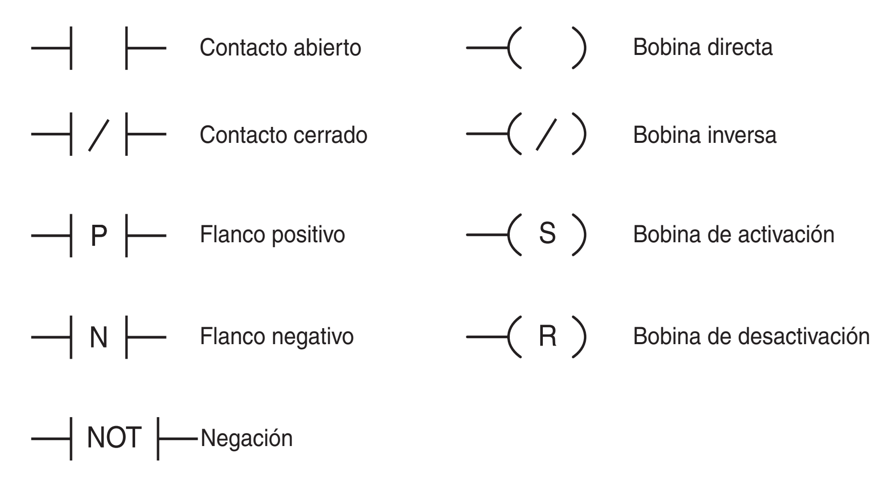
↑ **Figura 10.3.** Ejemplo de programa con lenguaje gráfico de contactos.

Nemotecnia gráfica del lenguaje LD

Se aplica tanto en la transcripción de los esquemas eléctricos cableados a lista de instrucciones, como en la elaboración de programas en lenguaje gráfico.

Su utilización es similar a la de los circuitos de automatismos con relés.

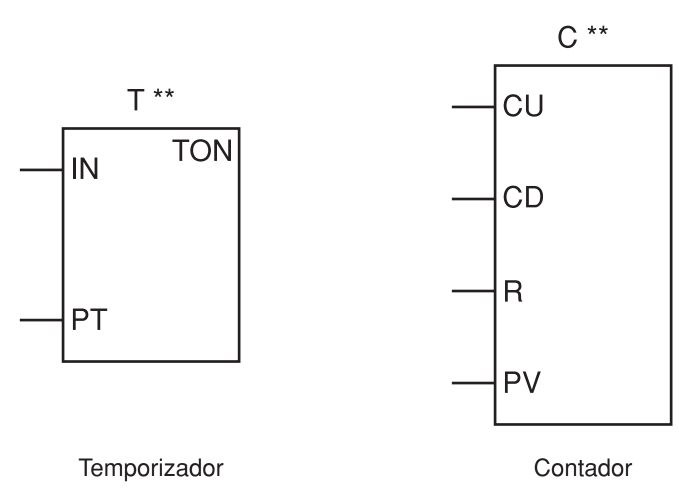
Los **símbolos básicos** son:



↑ **Figura 10.4.** Símbolos especiales.

Representan operadores con funciones específicas. Algunas de estas pueden presentar grandes diferencias entre diferentes modelos de autómatas.

Los bloques para funciones especiales se representan con un rectángulo en cuyo interior se indican con símbolos alfanuméricos las diferentes operaciones que pueden realizar.



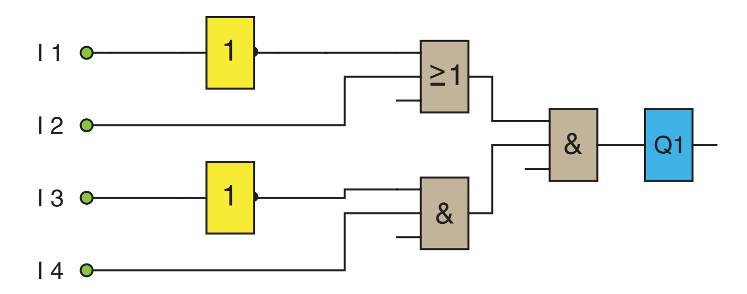
↑ **Figura 10.5.** Ejemplo de símbolos especiales.

El lenguaje de contactos es el empleado en este libro, por su similitud a los esquemas eléctricos con contactores y relés.

Lenguaje gráfico de funciones lógicas (FBD) (FUP)

Este lenguaje utiliza bloques lógicos similares a los utilizados en electrónica digital.

Las variables de entrada se representan a la izquierda de los bloques y las de salida a la derecha.



↑ **Figura 10.6.** Ejemplo de esquema de funciones lógicas.

2.2. Lenguajes textuales

La norma define dos tipos:

- Lenguaje por Lista de Instrucciones (IL) (AWL).
- Lenguaje Estructurado (ST).

Lenguaje por lista de instrucciones (IL) (AWL)

También llamado *booleano*, está basado en un listado de símbolos nemotécnicos, cercanos al lenguaje máquina. Se escribe en forma de texto utilizando caracteres alfanuméricos para definir las líneas de operaciones lógicas.

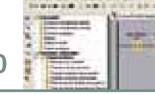
Es el lenguaje más próximo al juego de instrucciones de la CPU por lo que generalmente suele ser el más potente y rápido de escribir, aunque también el más complejo.

Esta es la única forma de programación en los PLCs más antiguos.

saber más

Ejemplo de un programa en lista de instrucciones:

```
LD    I1
O     Q1
AN    I2
=     Q1
```



vocabulario

Booleano

Referente al álgebra lógica elaborada por el matemático George Boole.

Lenguaje estructurado (ST)

Tiene su origen en los lenguajes de alto nivel como el Basic, C o Pascal, siendo su programación similar a ellos.

Solamente los autómatas de alta gama permiten este tipo de programación.

La utilización del ST se sale de los objetivos de este módulo, por lo tanto no será tratada aquí.

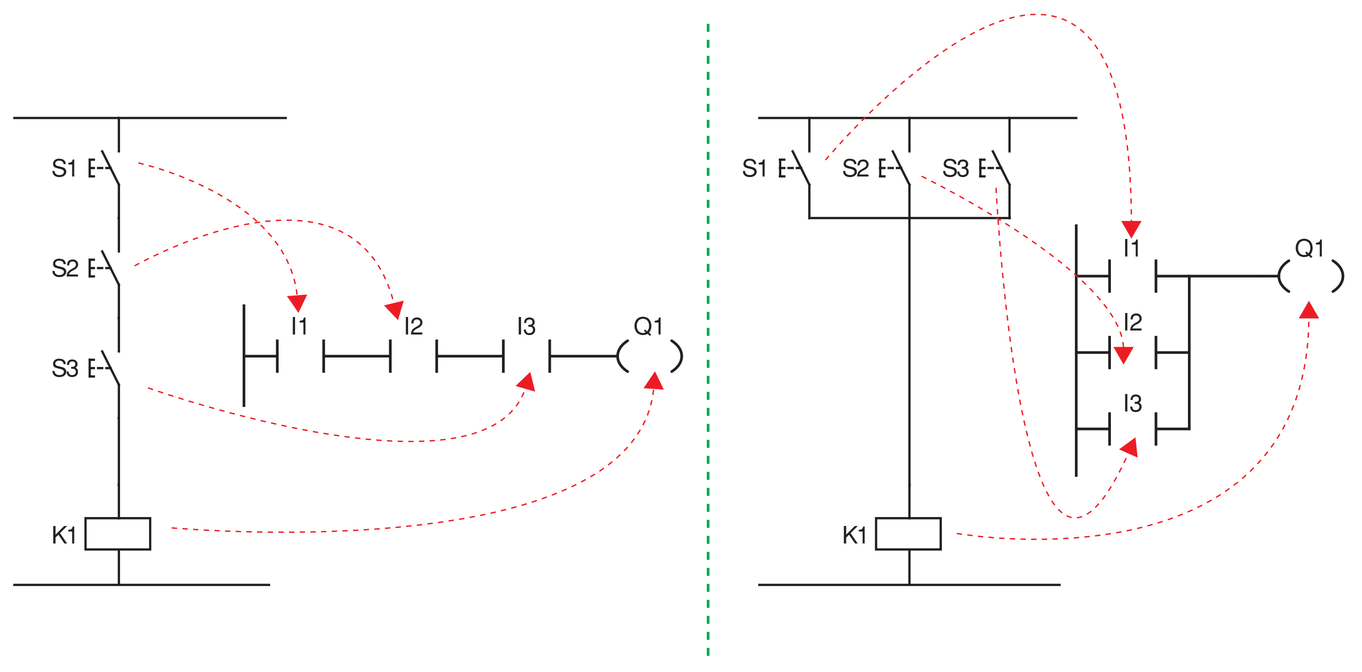
3. Representación en lenguaje de contactos

caso práctico inicial

Por su similitud con los esquemas eléctricos de automatismos cableados, el lenguaje de programación a contactos LD o KOP es muy popular entre los técnicos de automatización que recibieron su formación inicial basada en ese tipo de esquemas.

Los esquemas empleados en la elaboración de programas para autómatas son similares, en lo básico, a los utilizados en los circuitos eléctricos con relés y contactores. Por lo tanto, antes de comenzar a programar es necesario realizar el esquema sobre el papel con la nemotecnia normalizada para posteriormente escribir el programa en cualquiera de los lenguajes vistos anteriormente.

Aquí se muestra cómo transcribir dos esquemas eléctricos de automatismos a lenguaje de contactos (LD).



↑ **Figura 10.7.** Dos ejemplos de esquemas eléctricos transcritos en esquemas para autómatas.

3.1. Elementos básicos de programación en lenguaje LD

Contactos

Son elementos de tipo bit que detectan los estados todo o nada de una variable.

Se representan como abiertos y cerrados y su uso es idéntico al de los esquemas a relés y contactores.

Pueden estar asociados tanto entradas y salidas físicas (I/Q), como a elementos de uso interno del autómata como temporizadores, contadores, marcas, etc.

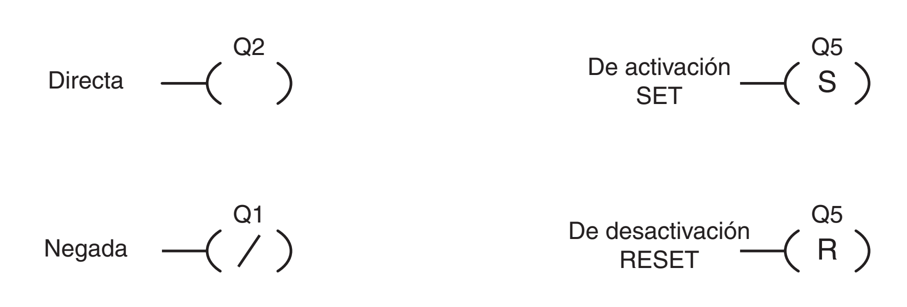


↑ **Figura 10.8.** Variables asociadas a contactos.

Bobinas

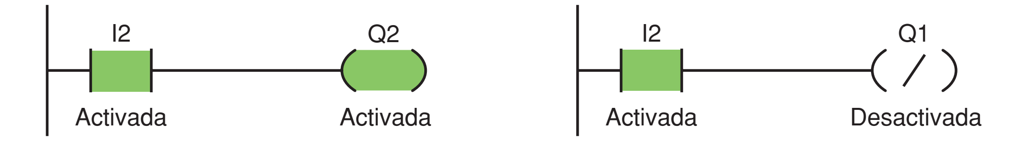
Reciben este nombre por herencia de los circuitos a relés. En ellas se escribe el resultado lógico de una red de contactos.

Pueden ser de diferentes tipos:



↑ **Figura 10.9.** Salidas asociadas a bobinas.

La de tipo directo, se activa cuando el valor lógico de la red de contactos es verdadero, sin embargo, la de tipo negado hace lo contrario.



↑ **Figura 10.10.** Uso de bobina directa y bobina negada.

Las bobinas de activación y desactivación son denominadas como SET y RESET respectivamente.

En una bobina SET, cuando el valor de la red de contactos es verdadero se activa y se mantiene dicho valor aunque cese la acción que lo activó. En este caso, se puede decir que es una bobina con memoria.

Para desactivar el valor del operando asociado a la bobina SET, se debe utilizar una nueva red de contactos que escriba sobre la bobina RESET asociada a la misma variable que la del SET.

saber más

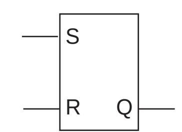
No todos los autómatas permiten la programación de bobinas negadas.

saber más

A la acción de activar mediante una bobina SET se le conoce vulgarmente como «seteo» y la acción de desactivar mediante RESET como «reseteo»

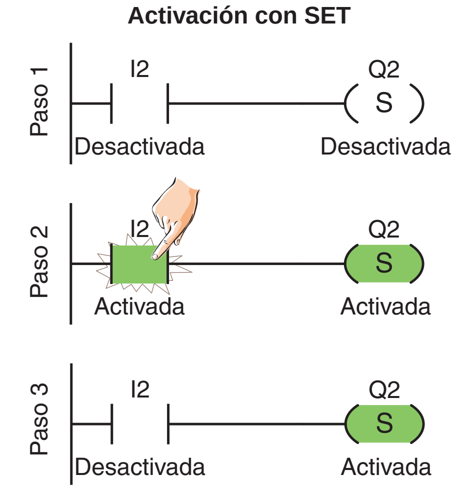
recuerda

En lenguaje FBD las bobinas de enganche/ desenganche se representan en un solo bloque denominado biestable:

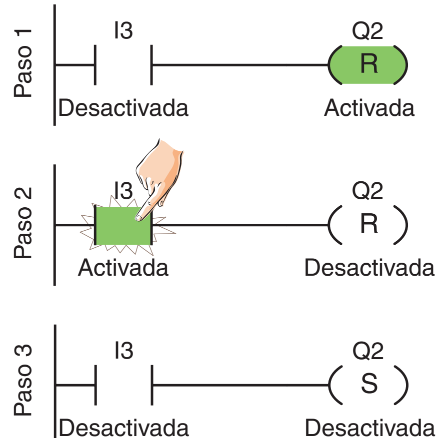


↑ **Figura 10.11.** Biestable.

En este ejemplo, la salida Q2 se activa mediante I2 y se desactiva con I3.



↑ **Figura 10.12.** Activación con salida con SET.



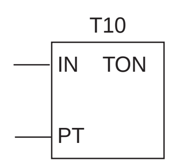
↑ **Figura 10.13.** Desactivación de salida con RESET.

Temporizadores

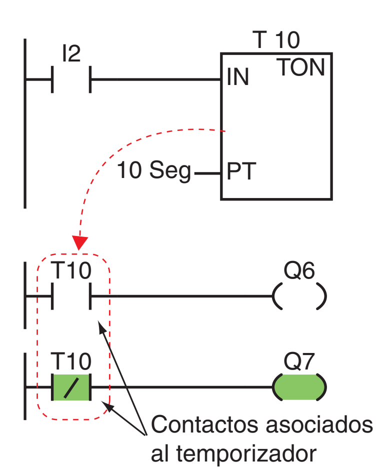
Los temporizadores generan eventos cuando alcanzan un valor de tiempo predeterminado (PT). Su comportamiento es similar a los utilizados en la lógica cableada.

El temporizador se representa gráficamente como un rectángulo con varias líneas de entrada para conectar la red de contactos de activación (In) y configurar el tiempo de temporización (PV).

A los temporizadores se les asocian contactos abiertos y cerrados que cambian de estado cuando alcanza el valor de tiempo máximo.



↑ **Figura 10.14.** Aspecto de un bloque temporizador básico.



En este ejemplo, si se mantiene activada la I2, el T10 Temporiza. Una vez transcurridos los 10 segundos configurados en la entra PT, los contactos asociados al temporizador se cierran y se abren, activando y desactivando las salidas Q6 y Q7 respectivamente.

Si antes de que se cumpla el tiempo de preselección, se desactiva la entrada IN, el temporizador se inicializa.

← **Figura 10.15.** Uso de temporizador.

saber más

Algunos modelos de autómatas disponen de diversos tipos de temporizadores, aunque los más habituales son los temporizadores **a la conexión** y **a la desconexión.** La norma denomina **TON** a los primeros y **TOF** a los segundos.

ACTIVIDADES

1. Programa y prueba en un autómata:

a) La activación y desactivación de una salida mediante dos entradas utilizando bobinas Set y Reset.

b) El ejemplo del temporizador de la figura 10.15.

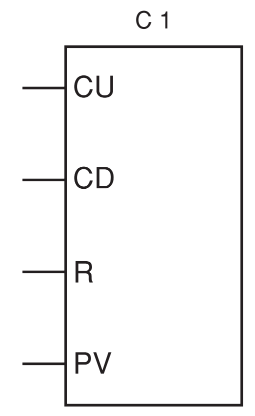
Contadores

Los contadores originan eventos cuando alcanzan un determinado número de sucesos.

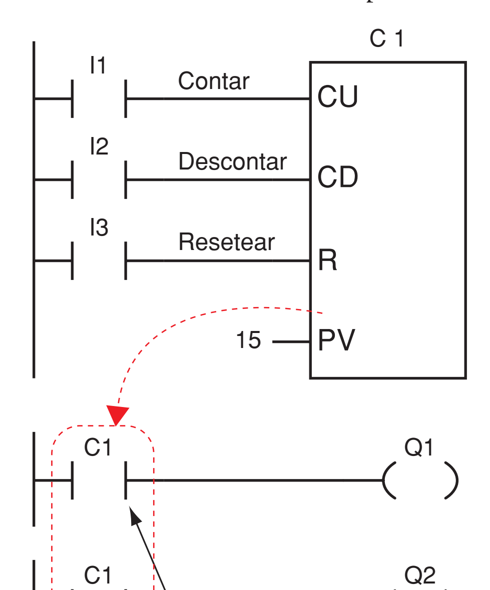
Son ideales para utilizar en circuitos automáticos que requieren contabilizar objetos y, en función del número almacenado, actuar sobre el programa.

Se representan en forma de rectángulo y disponen de varias líneas de entrada para conectar las redes de contactos que permiten contar (CU), descontar (CD), poner a RESET (R) y configurar el valor de preselección (PV).

A los contadores se les asocian contactos abiertos y cerrados que cambian de estado cuando alcanza el valor preseleccionado.



↑ **Figura 10.16.** Aspecto de un bloque contador/descontador.





En este ejemplo la entrada I1 incremente en 1 el valor almacenado en el contador, la I2 decrementa dicho valor y la I3 lo pone a 0.

Si se consigue el valor de preselección, que en este caso es 15, los contactos del contador se cierran y abren activando la salida Q1 y desactivando la salida Q2 respectivamente.

← **Figura 10.17.** Uso de un contador.

saber más

Dos ejemplos del uso de contadores pueden ser:

- Controlar el número de coches de un aparcamiento, contando los que entran y descontando los que salen.
- Contabilizar el número de pizzas que pasan por una cinta transportadora.

3.2. Operaciones lógicas en lenguaje de contactos

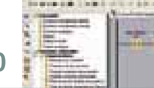
En este capítulo estudiarás las operaciones básicas que se pueden realizar en la programación de autómata. Todos los ejemplos están implementados de forma genérica en Lenguaje de Contactos, sin estar vinculados a ningún modelo de autómata en particular. Corre de tu parte la adaptación de los programas al dispositivo que utilices en el aula-taller.

Conexión Serie (AND)

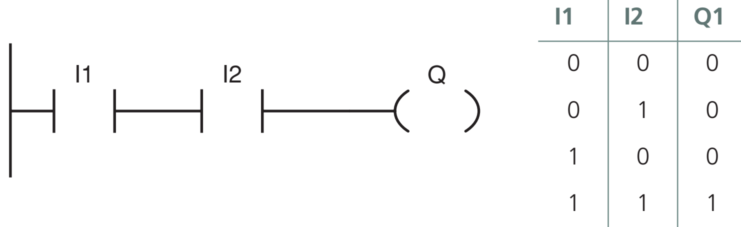
Tiene su correspondencia con el circuito eléctrico combinacional de contactos en serie.

ACTIVIDADES

2. Programa y prueba el ejemplo del contador mostrado en la figura 10.17.



El resultado de la operación solamente se escribe en la bobina cuando los operandos de los contactos «no negados» se encuentran a «1» y los negados a «0».



I1	I2	Q1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$Q1 = I1 \cdot I2$

↑ **Figura 10.18.** Asociación de contactos en serie. Tabla de la verdad. Ecuación lógica.

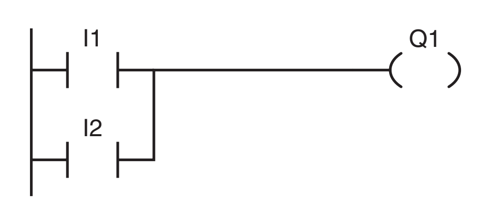
Diferentes ejemplos de programación de contactos en serie.

↑ **Figura 10.19.** Contactos en serie negados y sin negar.

Conexión paralelo (OR)

Tiene su correspondencia con el circuito eléctrico combinacional de contactos en paralelo.

El resultado de la operación se escribe en la bobina cuando cualquiera de los operandos «no negados» está a «1» o cualquiera de los negados está a «0»



I1	I2	Q1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$Q1 = I1 + I2$

↑ **Figura 10.20.** Asociación de contactos en paralelo. Tabla de verdad. Ecuación lógica

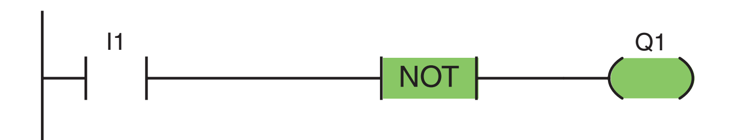
En paralelo también se pueden asociar contactos cerrados:

↑ **Figura 10.21.** Otro ejemplo de asociación en paralelo.

Operación negación (NOT)

La operación NOT invierte el valor de la operación lógica escrita previamente a ella.

Se representa como un contacto con la palabra NOT en su interior y no tiene asociado ningún operando.



I1	Q1
0	1
1	0

$Q1 = \overline{I1}$

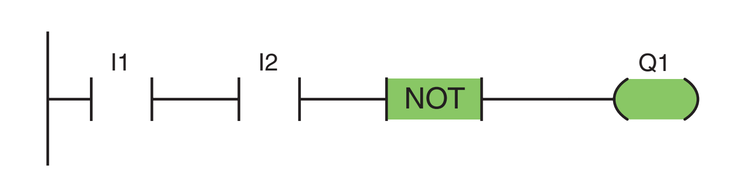
↑ **Figura 10.22.** Operación NOT.

Tabla de la verdad.

Ecuación lógica.

Operación serie negada (NAND)

El resultado de esta operación es inverso al de la operación serie (AND). Se consigue colocando una negación NOT después de la asociación de contactos.



I1	I2	Q1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Q1 = \overline{I1 \cdot I2}$

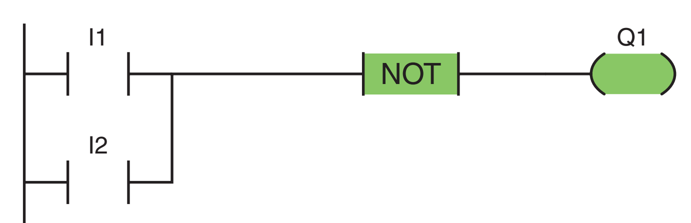
↑ **Figura 10.23.** Operación NAND.

Tabla de la verdad.

Ecuación lógica.

Operación paralelo negada (NOR)

El resultado de esta operación es inverso al de la operación paralelo (OR). Se consigue colocando una negación NOT después de la asociación de contactos.



I1	I2	Q1
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$Q1 = \overline{I1 + I2}$

↑ **Figura 10.24.** Operación NOR.

Tabla de la verdad

Ecuación lógica

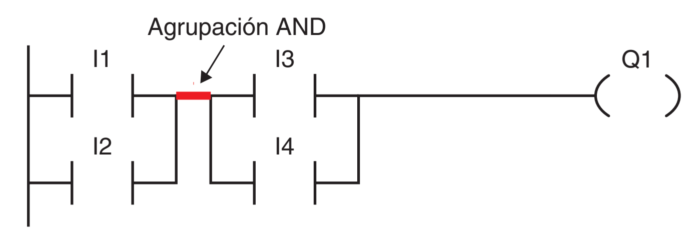
Agrupaciones de contactos

Los contactos pueden operar entre sí creando bloques, que a su vez operan con otros bloques en serie o en paralelo originando agrupaciones de contactos.

Agrupación AND

Conecta grupos de contactos con la función serie (AND).

En la siguiente figura se muestra una agrupación serie de dos bloques de contactos en paralelo.



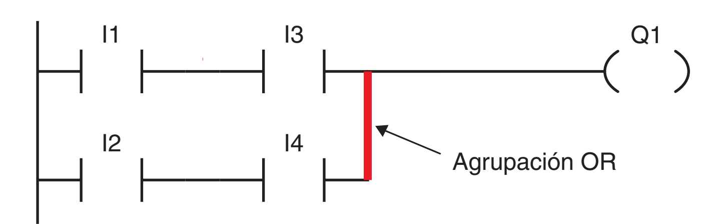
← **Figura 10.25.** Agrupación AND.



Agrupación OR

Conecta grupos de contactos con la función paralelo (OR).

La figura siguiente muestra la agrupación de dos bloques de contactos en serie conectados entre sí en paralelo.



↑ **Figura 10.26.** Agrupación OR.

Operaciones con marcas internas

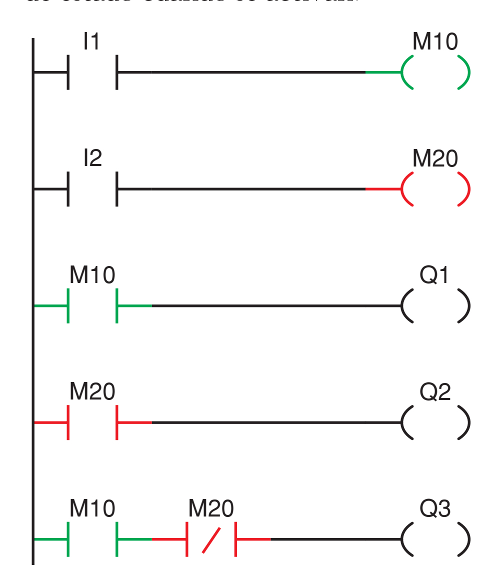
También llamadas memorias o bits internos. Tienen un comportamiento similar al de los relés auxiliares en la lógica cableada.

Su representación gráfica se realiza con el símbolo de la bobina, tanto en forma directa como negada.

M 10 M 12

↑ **Figura 10.27.** Marcas asociadas a bobinas.

A las memorias internas se les asocian contactos, abiertos y cerrados, que cambian de estado cuando se activan.



→ **Figura 10.28.** Uso de las marcas internas.

En este ejemplo las entradas I1 e I2 activan las marcas M10 y M20 respectivamente.

Cuando la M10 está a «1», se cierran sus dos contactos, activando las salidas Q1 y Q3.

Cuando M20 está a «1» se cierra el contacto abierto de la cuarta rama, activando Q2, y se abre el cerrado de la quinta, impidiendo que Q3 se active aunque M10 esté a valor verdadero.

saber más

Es aconsejable utilizar el manual del autómata programable para conocer el direccionamiento de su zona de memoria de marcas internas.

Como estudiarás más adelante, el uso de marcas internas es esencial para programar automatismos resueltos en GRAFCET.

Flanco positivo

También llamado frente ascendente, detecta el paso de 0 a 1 del operando asociado.

El símbolo es: —| P |—

Por ejemplo, una entrada asociada a una operación de flanco positivo solamente generará la señal «1» en el instante de ser pulsado, pasando a la situación «0» inmediatamente aunque continúe la acción sobre el pulsador.

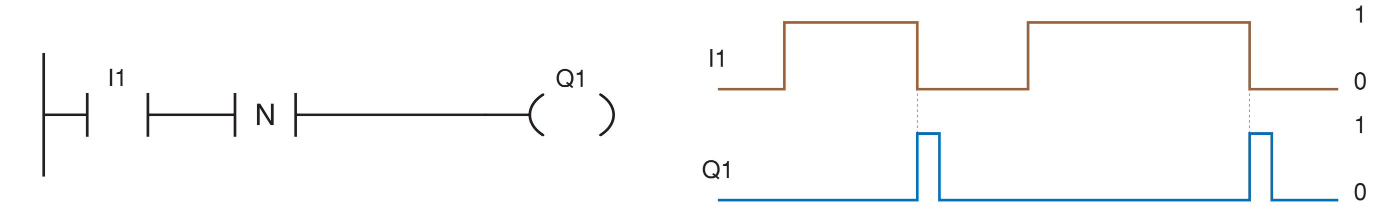
↑ **Figura 10.29.** Asociación de un flanco positivo a una entrada y cronograma del flanco positivo.

Flanco negativo

También llamado frente descendente, detecta el paso de 1 a 0 del operador asociado.

El símbolo es: —| N |—

Utilizando el ejemplo del punto anterior, solamente se generará la señal «1» en el instante de «soltar» el pulsador.



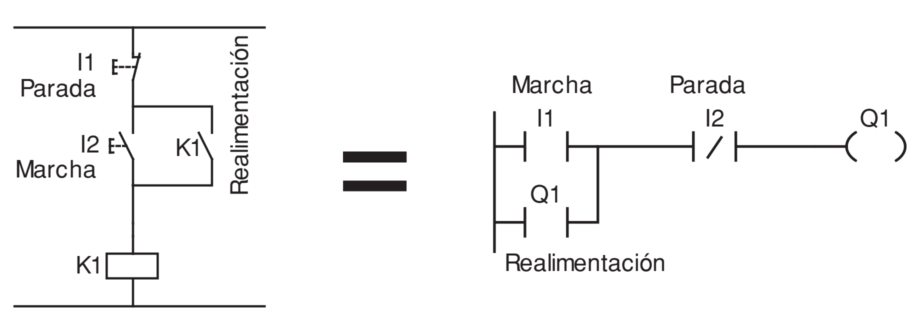
↑ **Figura 10.30.** Asociación de un flanco negativo a una entrada y cronograma del flanco negativo.

Operaciones de memoria

Una función de memoria es aquella que genera un evento y lo mantiene aunque cese la acción inicial que lo originó.

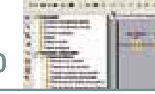
Realimentación por contacto

En la lógica cableada esta operación la realiza el circuito llamado «Arranque con pulsadores de marcha y paro», donde el pulsador de marcha es el que origina el evento que alimenta la bobina, el contacto en paralelo el que la realimenta y el pulsador de parada el que la desactiva. Por tanto, si se transcribe dicho circuito al lenguaje de contactos se obtiene el programa para activar y desactivar una bobina mediante realimentación.



↑ **Figura 10.31.** Realimentación por contacto.

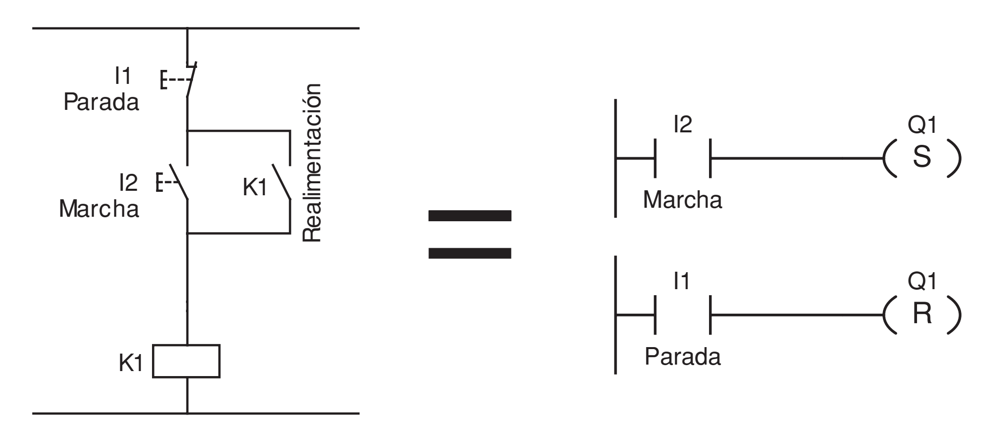
Como el contacto en paralelo a la entrada de Marcha I1 pertenece a la bobina, su direccionamiento debe ser el mismo, es decir Q1.



Operación memoria con bobinas SET y RESET

La misma operación de memoria se puede programar utilizando las bobinas de enganche —(S) y desenganche —(R) descritas anteriormente. Al escribir sobre la bobina S el operando asociado se pone a «1» y se mantiene hasta que se realiza la escritura sobre la bobina R que lo pone a «0».

El uso de estos tipos de bobinas facilita la elaboración de programas en detrimento de la programación por realimentación.



↑ **Figura 10.32.** Operación memoria con SET y RESET.

4. GRAFCET

El GRAFCET, también denominado SFC, es una forma gráfica de representar el funcionamiento de un sistema secuencial.

El GRAFCET representa la secuencia de funcionamiento de la máquina y facilita la implementación a cualquier lenguaje de programación de autómatas.

El GRAFCET está formado por un conjunto de símbolos denominados etapas, transiciones, etiquetas y líneas de dirección.

vocabulario

GRAFCET

Es el acrónimo de Gráfico de Control Etapas Transición.

SFC

Es el acrónimo de Sequential Function Chart (Gráfico de Función Secuencial).

4.1. Etapas

Representan los diferentes estados del proceso secuencial.

Su símbolo es un cuadrado con un número en su interior que debe ser único en la secuencia.

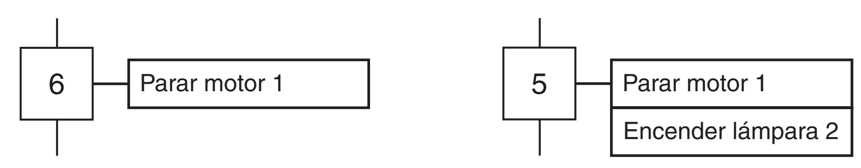
Pueden ser de dos tipos: de Paso e Iniciales.



↑ **Figura 10.33.** Etapas

La etapa inicial es el estado en el que comienza el proceso. Aunque no es habitual, puede haber más de una etapa inicial en un mismo GRAFCET.

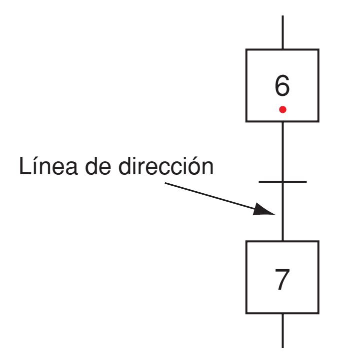
De las etapas cuelgan las denominadas **etiquetas** en las que se indican las acciones a realizar.



↑ **Figura 10.34.** Formas de representar acciones en etapas.

Cuando la secuencia llega a una etapa determinada, se ejecutan las acciones que en ella se indican.

En un GRAFCET solamente puede estar una etapa activa, excepto si la secuencia se ha diseñado con más de una etapa inicial o existen secuencias paralelas.

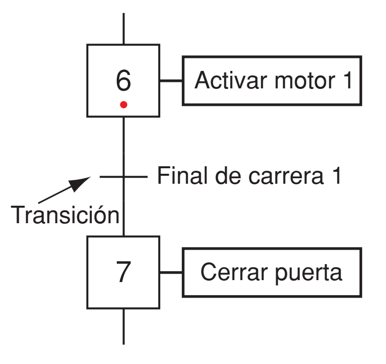


↑ **Figura 10.35.** Línea de dirección en un GRAFCET.

4.2. Transiciones

Una transición es una condición que permite el paso de una etapa a otra.

Se representa con una línea horizontal en forma de cruz sobre la línea de dirección.



↑ **Figura 10.36.** Transición.

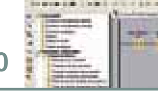
4.3. Tipos de GRAFCET

Según la evolución de la secuencia, tres son los tipos de GRAFCET que se pueden representar:

↑ **Figura 10.37.** GRAFCET de secuencia única.

↑ **Figura 10.38.** GRAFCET de secuencias opcionales.

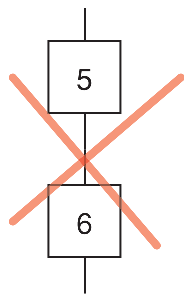
↑ **Figura 10.39.** GRAFCET de secuencias simultáneas.



saber más

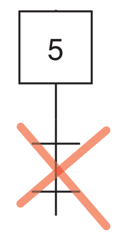
Reglas del GRAFCET

- No pueden representarse dos etapas consecutivas.



↑ **Figura 10.40.**

- No pueden representarse dos transiciones consecutivas.



↑ **Figura 10.41.**

- El orden de evolución debe ser siempre etapa-transición-etapa-transición…

caso práctico inicial

El GRAFCET es la herramienta ideal para resolver los probleas de automatización de los taladros del caso práctico inicial.

GRAFCET de secuencia única

Es un conjunto de etapas y transiciones conectadas en cascada. En este caso, la evolución solamente sigue un camino, ya que no existen convergencias y divergencias en la línea de dirección.

Es la forma más sencilla de representar la secuencia de un proceso, pero la más incompleta.

GRAFCET de secuencias opcionales

En este tipo de GRAFCET la secuencia puede optar por seguir entre dos o más caminos, pero solamente se ejecuta uno a la vez.

En la figura 10.38 se muestra cómo estando en la etapa inicial, el proceso puede evolucionar por la 2, a través de la transición A, o por la etapa 5, a través de la transición B.

La convergencia y divergencia de las vías opcionales se representa con una línea de dirección dibujada en horizontal.

GRAFCET de secuencias simultáneas

Durante la evolución de este tipo de GRAFCET, se ejecutan dos o más caminos a la vez.

En la figura 10.39 se muestra cómo al cumplirse la transición A, se ejecutan simultáneamente los caminos que comienzan por las etapas 2 y 5. Ambos deben terminarse, con las etapas 4 y 6 respectivamente, para volver a la secuencia principal.

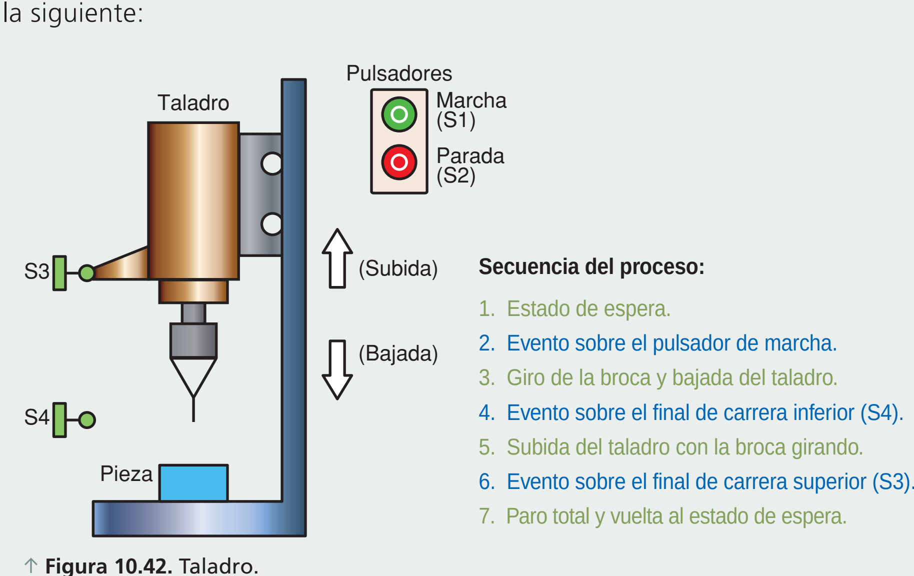
Hasta que todas estas vías secundarias no se han realizado completamente, la secuencia no evoluciona por la del camino principal.

La convergencia y divergencia de las vías simultáneas se representa con una línea de dirección doble dibujada en horizontal.

EJEMPLO

Ejemplo de aplicación de un GRAFCET

La secuencia de trabajo del taladro de la figura escrita en lenguaje natural es la siguiente:



↑ **Figura 10.42.** Taladro.

En ella se puede ver cómo ocurren eventos sobre captadores y se ejecutan acciones sobre los motores.

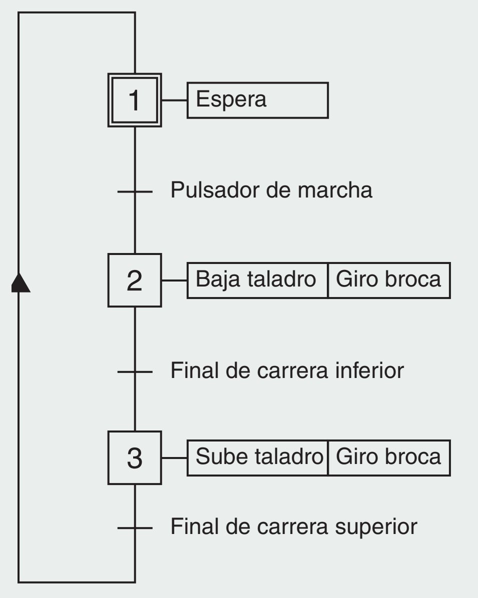
Los eventos (de color azul) son las transiciones del GRAFCET y las acciones (de color verde) son las etapas.

Esto permite crear el denominado GRAFCET Descriptivo o de Primer Nivel.

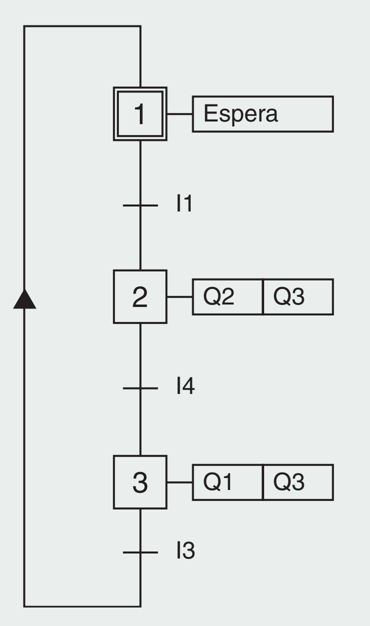
En la segunda fase de diseño, se aplica al GRAFCET la tecnología a utilizar. En nuestro caso el control se realizará mediante un autómata programable. Por tanto, es necesario asociar los captadores y actuadores que intervienen en la máquina a las transiciones y acciones de la secuencia.

Captadores y actuadores	Variables del autómata
Pulsador de marcha (S1)	I1
Final de carrera superior (S3)	I3
Final de carrera inferior (S4)	I4
Contactor de subida de taladro	Q1
Contactor de bajada de taladro	Q2
Contactor giro de broca	Q3

Así, el GRAFCET de segundo nivel o tecnológico del taladro utilizado como ejemplo es el siguiente:



↑ **Figura 10.43.** GRAFCET de primer nivel del taladro.



↑ **Figura 10.44.** GRAFCET de segundo nivel o tecnológico.

vocabulario

Español-Inglés

O: *or*

Y: *and*

Marca: *mark*

Lista de instrucciones: *list of instructions*

Escaler: *ladder*

Flanco: *flank*

Fución lógica: *logic function*

Salida: *output*

Entrada: *input*

Contador: *counter*

Etapa: *stage*

Paso: *step*

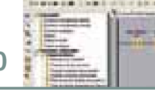
Transición: *transition*

saber más

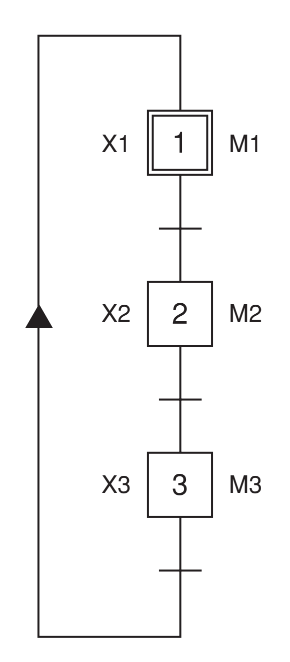
Actualmente la mayoría de los autómatas permiten trabajar con los datos en formato simbólico. Esto significa que el usuario puede definir una serie de símbolos asociados a los operandos del autómata, de forma que en el momento de la programación, se utilizan dichos símbolos en lugar de la nemotecnia propia del equipo.

Por ejemplo:

Se puede definir que cada una de las salidas utilizadas en el programa (Q0.0, Q0.1, Q0.2...), se les denomine literalmente con nombres simbólicos (Motor1, Lámpara4, Válvula2...) que faciliten su identificación. Así en el momento de la programación, se utilizaran estos símbolos en lugar de las denominaciones nemotécnicas del autómata.



4.4. Programación de un GRAFCET en lenguaje de contactos



↑ **Figura 10.45.** Asociación de Marcas y nombres simbólicos a las etapas del GRAFCET.

Aunque algunos autómatas permiten su programación directa, bien gráficamente o por lista de instrucciones, se hace necesario conocer el algoritmo de implementación en alguno de los lenguajes anteriormente nombrados.

Aquí se describe cómo pasar la secuencia de un GRAFCET de secuencia única a lenguaje de contactos (LD).

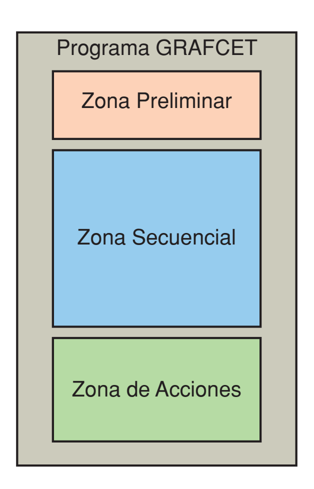
A cada etapa del GRAFCET se le asocia una marca interna de la zona de memoria **M.** Aquí, de forma genérica, se utilizan nombres simbólicos para identificar las etapas. Por norma, estos nombres se identifican con **X** seguido del número de la etapa.

Etapa	Marca interna	Nombre simbólico
Etapa 1 (Inicial)	M1	X1
Etapa 2	M2	X2
Etapa 3	M3	X3

Administración de un GRAFCET

La programación de un GRAFCET se divide en tres zonas de administración:

- Zona preliminar
- Zona secuencial
- Zona de acciones

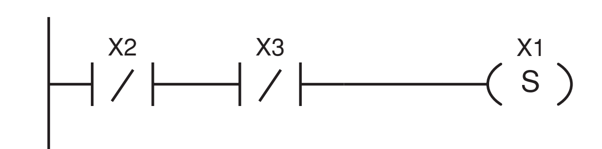


↑ **Figura 10.46.** Administración de un GRAFCET.

Zona preliminar

En esta zona se escribe, entre otras operaciones, el programa que define la etapa por la que comienza la secuencia.

La etapa inicial se activa mediante una bobina SET, a través de una red de contactos cerrados pertenecientes a todas las etapas que intervienen en el GRAFCET excepto la inicial.



↑ **Figura 10.47.** Activación de la etapa inicial.

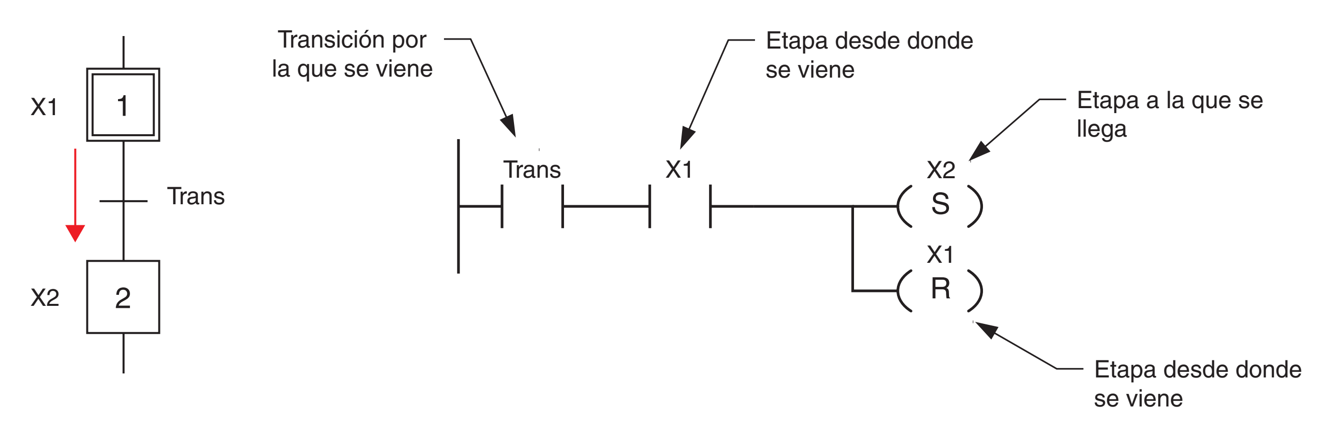
Zona secuencial

Define el gráfico de secuencia que representa el encadenamiento de etapas y las transiciones asociadas.

Cada etapa se activa con una bobina SET, que se programa en una red de contactos en el que se debe «decir» lo siguiente:

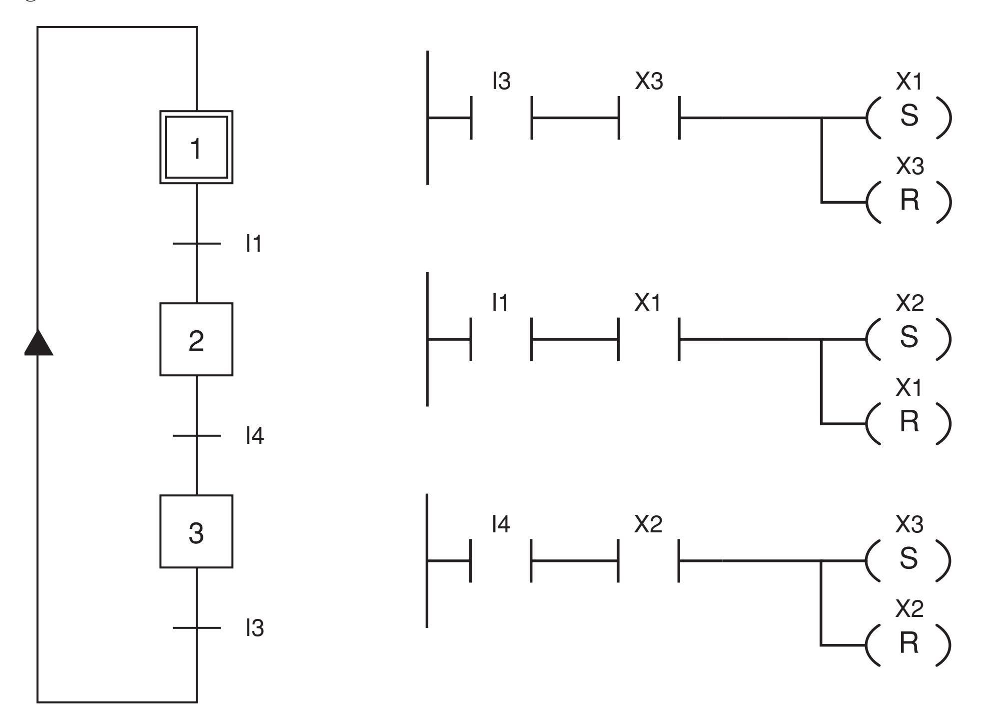
- Etapa a la que se llega.
- Etapa desde la que se viene.
- Transición por la que se viene.

Así, cada segmento de contactos correspondientes a una etapa de de la zona secuencial debe tener este aspecto:



↑ **Figura 10.48.** Zona secuencial.

Así, el programa completo para la secuencia del GRAFCET del taladro es el siguiente:

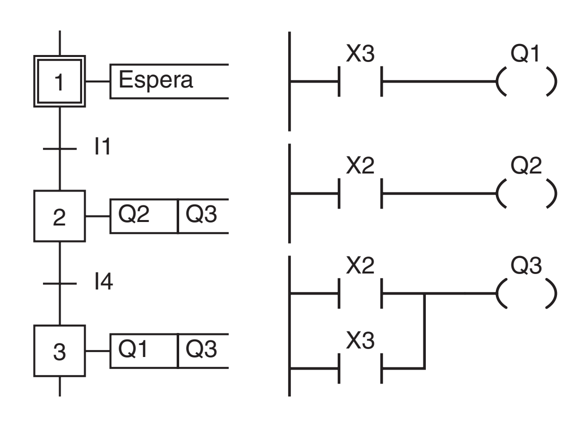


↑ **Figura 10.49.** Zona secuencial del GRAFCET del taladro en lenguaje de contactos.

Zona de acciones

Ejecuta las acciones originadas en las zonas anteriores activando las salidas del autómata.

En el ejemplo del taladro, se producen tres acciones sobre las salidas Q1, Q2 y Q3. Estas salidas solamente se deben escribir una vez en el programa. Para indicar que una salida se activa en más de dos etapas, como ocurre con la Q3 del ejemplo, se deben poner en paralelo contactos de estas etapas en la red de contactos dicha acción.

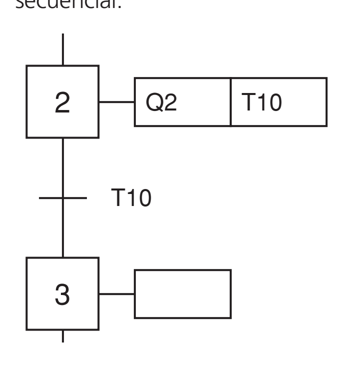


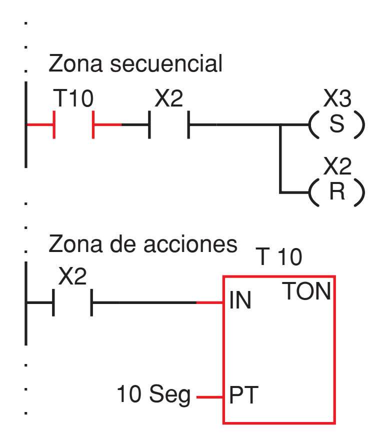
→ **Figura 10.50.** Zona secuencial del GRAFCET del taladro en lenguaje de contactos.

La unión de las tres zonas, completan el programa del GRAFCET del taladro.

saber más

En una secuencia GRAFCET, también se pueden utilizar temporizadores. En este caso, la activación del temporizador se realiza en la zona de acciones y el uso de los contactos asociados, en la zona secuencial.



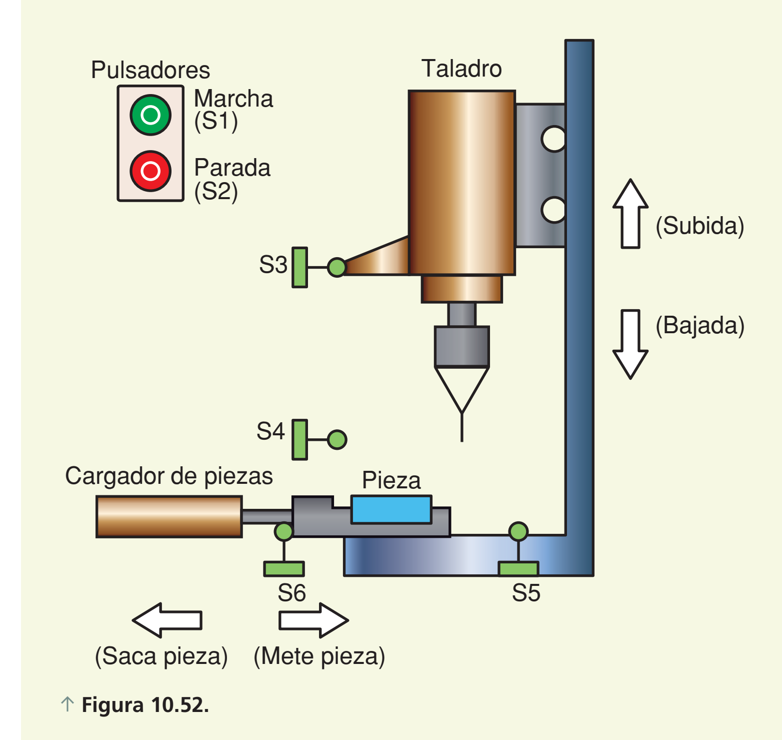


↑ **Figura 10.51.** Temporizador en GRAFCET.

ACTIVIDADES

3. Elabora los GRAFCET de primer y segundo nivel de una variante del taladro con cargador de piezas.

4. Programa y comprueba en un autómata el funcionamiento del GRAFCET del taladro.



↑ **Figura 10.52.**

4.5. Programación de los diferentes tipos de GRAFCET

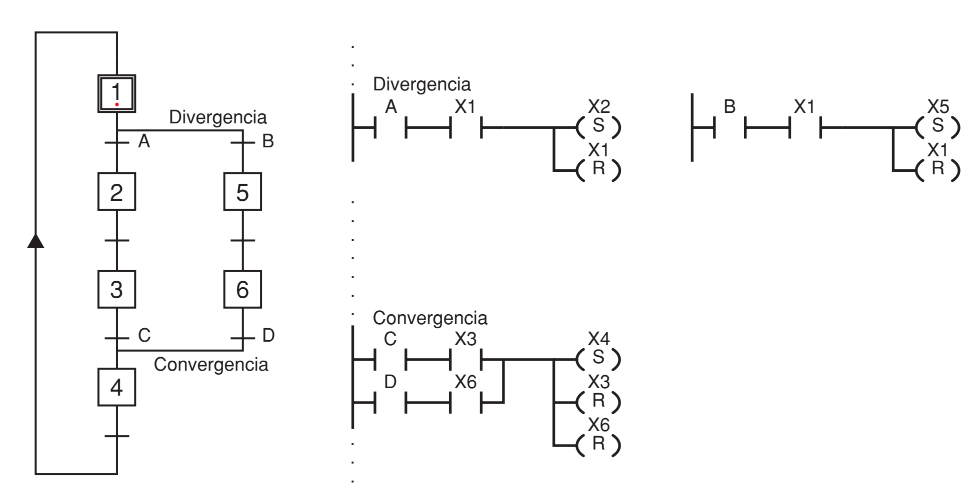
GRAFCET de secuencias opcionales

La zona preliminar y la zona de acciones se programan de la misma forma que en el GRAFCET de secuencia única. La diferencia se encuentra en la zona secuencial.

Las secuencias opcionales se abren con una divergencia y se cierran con una convergencia y precisamente en estos puntos de la secuencia es donde existen diferencias con la programación del GRAFCET de secuencia única.

caso práctico inicial

Las secuencias opcionales permiten crear saltos y retornos que resultan perfectos para implementar paradas de emergencia y rearmes en procesos secuenciales como los del caso práctico.

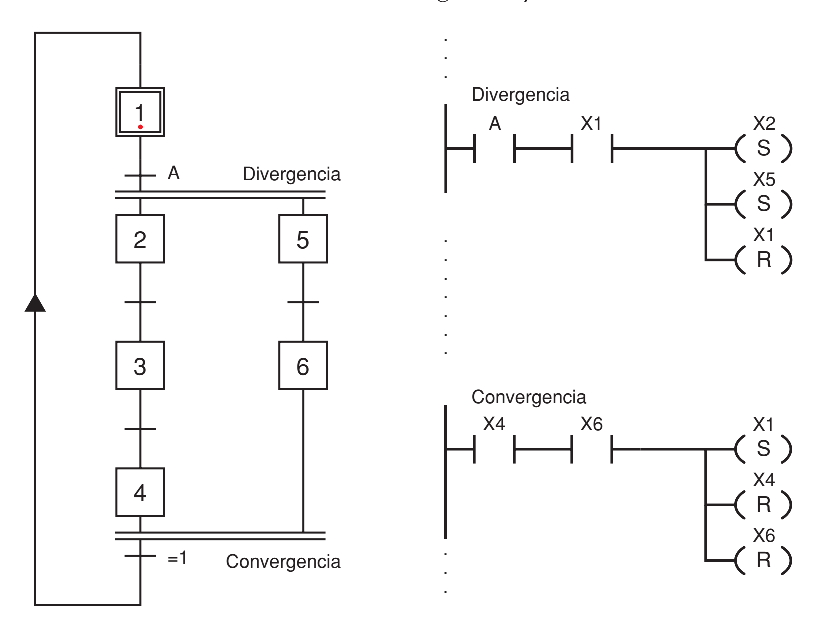


↑ **Figura 10.53.** Detalles de programación de la zona secuencial de GRAFCET de secuencias opcionales

GRAFCET de secuencias simultáneas

La programación de la zona preliminar y de acciones es idéntica a las vistas anteriormente.

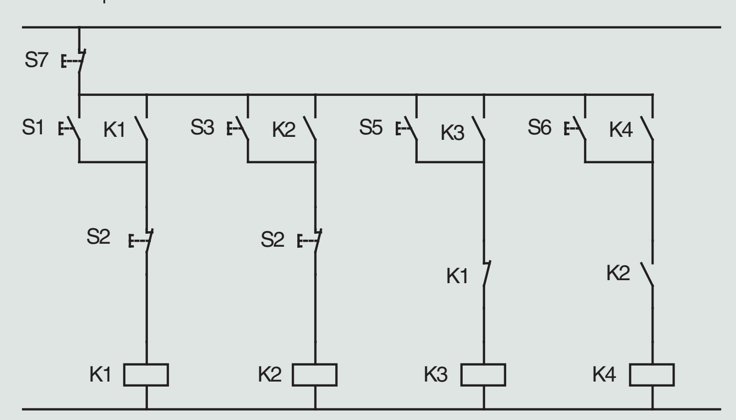
De la misma forma que en el GRAFCET de secuencias opcionales, las secuencias simultáneas se abren con una divergencia y se cierran con una convergencia.



↑ **Figura 10.54.** Detalles de programación de la zona secuencial de GRAFCET de secuencias simultáneas.

ACTIVIDADES FINALES

1. Transcribe al lenguaje de contactos el siguiente circuito eléctrico. Prueba su funcionamiento en el panel de pruebas que montaste en la Práctica Profesional de la unidad anterior.



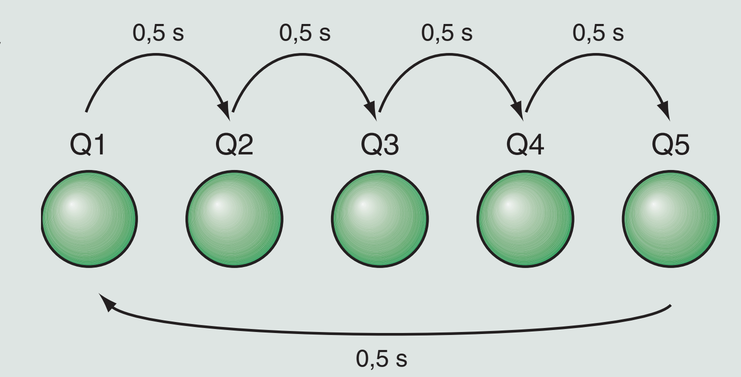
← **Figura 10.55.** Circuito de automatismos.

2. Transcribe a lenguaje de contactos (LD) los circuitos de mando de los siguientes automatismos cableados vistos en unidades anteriores y pruébalos sobre el panel que montaste en la Práctica Profesional de la unidad anterior.
   a. Arranque de un motor con pulsadores de marcha y paro con realimentación.
   b. Arranque de un motor con 3 pulsadores de marcha y 3 de parada con bobinas SET y RESET.
   c. Inversión del sentido de giro de un motor trifásico con pulsadores pasando por paro.
   d. Inversión del sentido de giro de un motor trifásico con pulsadores. En este caso la inversión de sentido de giro, se debe realizar sin pasar previamente por paro.
   e. Arranque estrella-triángulo de un motor trifásico con pulsadores. La conmutación de estrella a triángulo se realizará de forma manual mediante un pulsador.
   f. Arranque estrella-triángulo de un motor trifásico con pulsadores. La conmutación de estrella a triángulo se realizará de forma automática con un temporizador.
   g. Arranque de un motor trifásico de rotor bobinado con tres grupos de resistencias rotóricas.

3. Dibuja los GRAFCET de primer nivel de los circuitos de la actividad anterior.

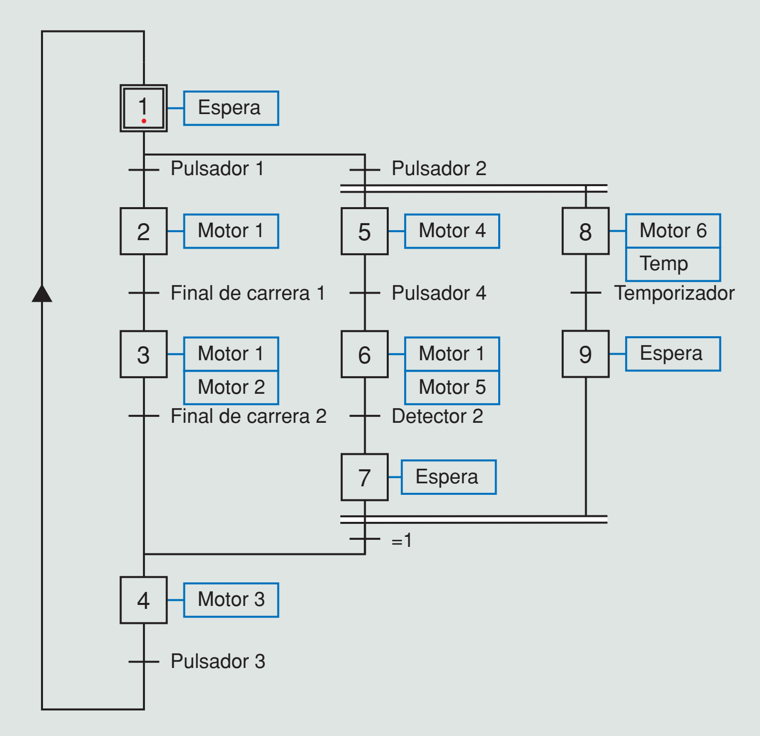
4. Transcribe a lenguaje de contactos los circuitos C y F de la actividad 2.

5. Realiza un programa, en lenguaje de contactos, que active de forma automática y temporizada cinco salidas del autómata, con una cadencia de 1 segundo entre una y otra. Las salidas deben ir quedando activadas y al concluir el ciclo, después de 1 segundo, deben desactivarse todas y comenzar de nuevo. La actuación sobre una entrada permitirá detener o parar el funcionamiento de la secuencia.



→ **Figura 10.56.**

■ 6. Asocia los elementos de este GRAFCET a las variables de E/S de un autómata programable, transcríbelo a lenguaje de contactos y prueba su funcionamiento sobre el panel de prueba utilizado en las actividades anteriores.



↑ **Figura 10.57.**

■ 7. Dibuja el GRAFCET del taladro con cargador de piezas que aparece en una de las actividades de la unidad anterior. Implementa el programa en lenguaje de contactos en un autómata programable y comprueba su funcionamiento. Para ello puedes ayudarte del panel de pruebas que montaste en la Práctica Profesional de la unidad anterior.

entra en internet

■ 8. Busca en internet referencias a la norma IEC 1131-1 que define los lenguajes de autómatas.

■ 9. Investiga sobre los lenguajes de programación utilizados por modelos de autómatas de Siemens, Omron, Telemecanique y Allen Bradley. ¿Todos utilizan los mismos lenguajes de programación? ¿Es común la nemotecnia utilizada en ellos para las operaciones lógicas e direccionamientos de variables? ¿Cuántos de ellos se rigen por la norma?

■ 10. Localiza cuáles son los orígenes del GRAFCET y cuál es el motivo de su importancia en la actualidad para el desarrollo de sistemas de control secuencial.

■ 11. Busca si existen autómatas que permiten la programación gráfica del GRAFCET. Si la respuesta es afirmativa, nombra algunos de ellos.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Montaje y programación para la automatización de un taladro semiautomático

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas de automatismos cableados
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico bipolar
- Un magnetotérmico tripolar
- Cable de línea de 1,5mm^2
- Manguera de 5x 2,5mm^2
- Una botonera de superficie para dos pulsadores
- Dos pulsadores normalmente abiertos
- Dos finales de carrera de rodana
- Tres contactores
- Dos relés térmicos
- Un autómata programable o relé programable
- Un cable para la programación del autómata desde PC
- *Software* de programación del PC

Automatización de un taladro

OBJETIVO

Montaje y programación para la automatización de un taladro semiautomático.

PRECAUCIONES

- **Importante:** en esta práctica se ha utilizado un relé programable de alimentación a 230 Vca, con entradas a 230 Vca y salidas a relés libres de tensión. El autómata que tú utilices puede ser diferente al que aquí se propone. Por tanto, se hace absolutamente necesario consultar la hoja de características del fabricante, para realizar correctamente las conexiones y no deteriorar de forma irremediable la electrónica del autómata.
- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

DESARROLLO

1. Utilizando el panel de pruebas de otras actividades, retira todos los aparatos excepto los bornes de entrada y de salida.
2. En el raíl central deberás ubicar 3 contactores, dos de ellos con relés térmicos, comprueba que caben en el hueco entre canaletas. Si no es así, deberás desplazar dicho raíl para que estos elementos se puedan fijar en el panel de pruebas.
3. Fija los interruptores magnetotérmicos a la izquierda del raíl central. El tripolar más a la izquierda y a su derecha el bipolar.
4. Fija el autómata sobre el raíl central y a su derecha los tres contactores con sus relés térmicos.
5. En la parte exterior de la canaleta vertical derecha, fija la botonera con sus pulsadores y los dos finales de carrera.

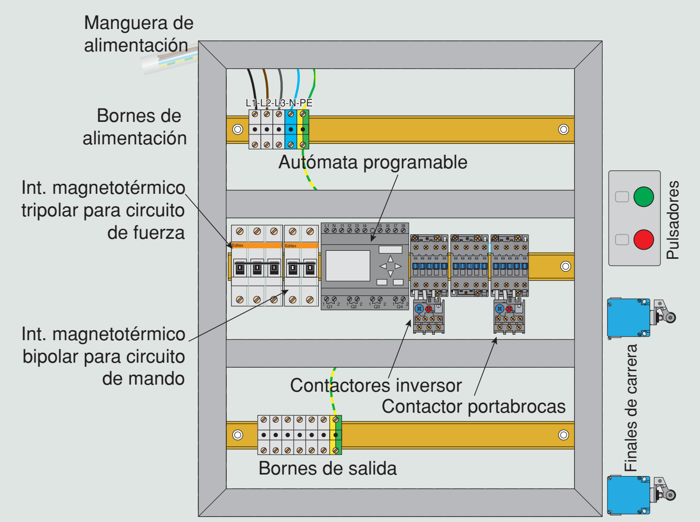
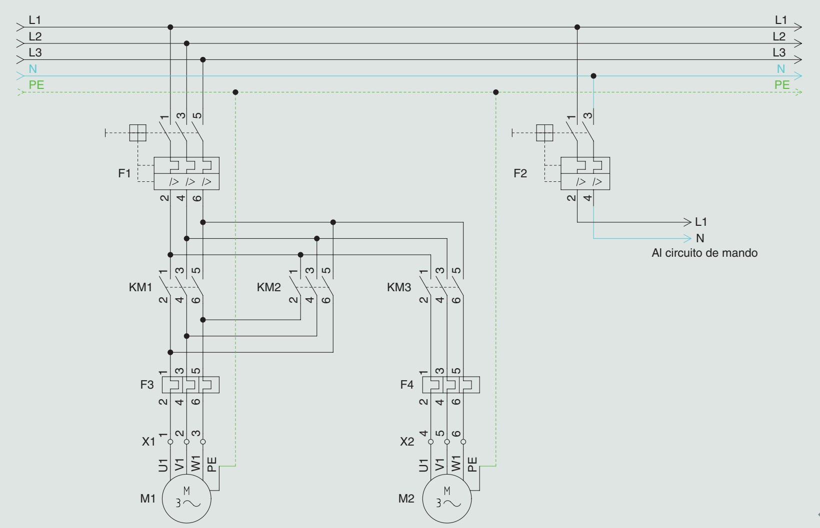


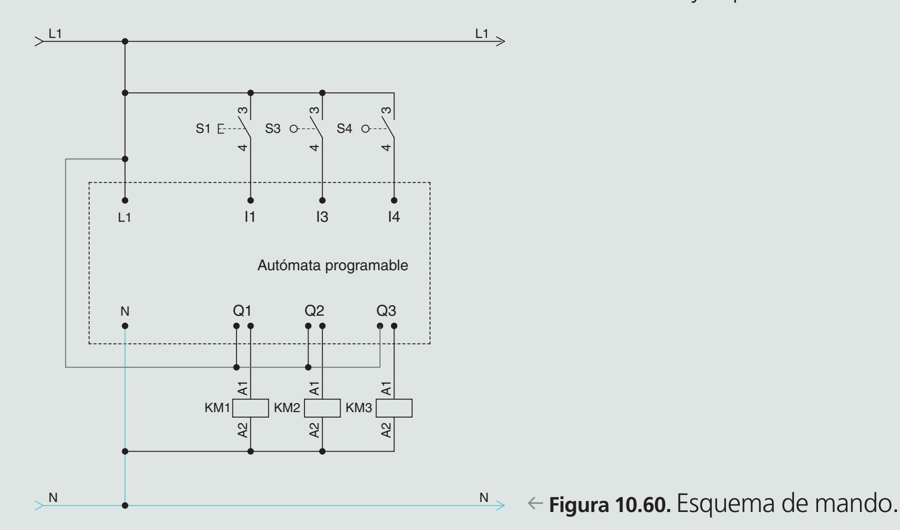
Figura 10.58. Aparamenta en el panel de pruebas.

6. Desde los bornes de alimentación, cablea las entradas de los magnetotérmicos.
7. Dibuja el esquema de fuerza para la inversión del sentido de giro del motor que sube y baja el taladro y para el arranque directo del motor que gira el portabrocas. Ten en cuenta que ambos circuitos están protegidos con el mismo magnetotérmico tripolar y, a demás, cada motor debe disponer de protección por relé térmico.



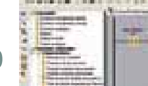
← **Figura 10.59.** Esquema de fuerza.

8. Realiza el cableado de fuerza, con cable de 2,5 mm^2, sobre el panel de pruebas.
9. Dibuja el esquema de mando con la conexión del autómata a los actuadores y captadores.



← **Figura 10.60.** Esquema de mando.

10. Realiza el cableado de mando, con cable de 1, 5 mm^2, según el esquema que has dibujado anteriormente. Deja la entrada I2 del autómata reservada para una posible conexión del pulsador de parada.
11. Utilizando el ejemplo en lenguaje de contactos desarrollado en esta unidad para el taladro semiautomático, prográmalo y transfiéreselo al autómata.
12. Conecta el panel de pruebas a la red eléctrica y acciona ambos magnetotérmicos.
13. Acciona el pulsador de marcha y simula la secuencia de funcionamiento del taladro, accionando manualmente los finales de carrera.



MUNDO TÉCNICO

Programación gráfica del GRAFCET

El GRAFCET es una excelente herramienta para el desarrollo de sistemas de control secuencial. Su implementación en sistemas cableados (basados en contactores y relés), neumáticos y/o programados (mediante PLCs o relés programables), facilita en gran medida las operaciones de automatización. El uso como método de desarrollo está muy difundido en el ámbito de los autómatas programables. Muchos técnicos automatistas lo utilizan para elaborar sus programas de forma metódica, con los diferentes lenguajes de programación estandarizados (de contactos, de lista de instrucciones o de funciones lógicas), agilizando así la puesta a punto de los sistemas secuenciales y facilitando la posterior ampliación de los mismos.

Sin embargo, a medida que la secuencia lógica del programa aumenta, mayor es el número de líneas de código que el técnico tiene que desarrollar y por tanto, mayor es el tiempo empleado en escribirlas y, posteriormente, en localizarlas para la ampliación o búsqueda de fallos.

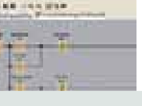
Algunos fabricantes de autómatas, desarrollan paquetes *software* que permiten la programación GRAFCET de forma gráfica sin necesidad de implementarlo en otros lenguajes de programación.

Estos programas disponen de herramientas para representar la secuencia mediante símbolos gráficos de las etapas y transiciones, pudiéndose programar los diferentes tipos de GRAFCET (de secuencia única, de secuencias opcionales y secuencias simultáneas), además de otros elementos avanzados como macroetapas, subrutinas GRAFCET, tareas de supervisión, etc.

PL7 Pro (TELEMECANIQUE)

S7-GRAPH (SIEMENS)

↑ **Figura 10.61.** GRAFCET.



EN RESUMEN

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. La norma que regula los lenguajes de autómatas es:

a) La DIN 2345.

b) No hay norma para esto.

c) La UNE- EN 61131-3.

d) Simatic S7.

2. La norma define los siguientes tipos de lenguajes:

a) 2 textuales.

b) 2 textuales y 1 gráfico.

c) 4 gráficos.

d) 2 textuales y 2 gráficos.

3. El lenguaje por lista de instrucciones se denomina según norma: ____ y el de contactos:_____

4. Una marca interna sirve:

a) Para realizar operaciones internas de la misma forma que los relés auxiliares en la lógica cableada.

b) No se utilizan, ya que hace la misma función que una salida.

c) Realiza operaciones de tiempo.

d) Almacena el cómputo de un contador.

5. En la zona de acciones de un GRAFCET se define:

a) La secuencia que debe seguir el proceso.

b) Como se inicializa el GRAFCET.

c) Las salidas, temporizadores, contadores, etc que se deben activar en la secuencia.

6. Cada etapa GRAFCET está asociada a:

a) Una salida.

b) Una marca interna.

c) Una entrada.

7. La bobina SET se utiliza para ______________ y la RESET para______________

11 Dispositivos de seguridad

vamos a conocer...

1. Introducción
2. Dispositivos de parada de emergencia
3. Dispositivo de mando a dos manos
4. Pedales
5. Interruptores de seguridad
6. Cerraduras secuenciales
7. Dispositivos sensibles
8. Contactores de seguridad
9. Seguridad por circuitos de fuerza redundantes
10. Módulos de seguridad
11. Autómatas de seguridad

PRÁCTICA PROFESIONAL

Arranque de un motor con sistemas de contactores de seguridad redundante

MUNDO TÉCNICO

Seguridad funcional: nivel SIL



y al finalizar..

- Conocerás los distintos tipos de dispositivos de seguridad para máquinas que existen en el mercado, así como su funcionamiento y posibles aplicaciones.
- Conocerás la manera de conectarlos a los circuitos de automatismos que gobiernan el funcionamiento de la máquina.
- Sabrás elegir el más adecuado en función de las necesidades del sistema del que se trate.
- Montarás circuitos de automatismos industriales con dispositivos de seguridad.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

«Tapiceria el Coto» es una empresa dedicada a la fabricación de sillas y sillones de todo tipo para oficina. Entre las diversas tareas que se realizan, una es el curvado de las piezas que van a servir de armazón a la silla (patas, respaldo, apoyabrazos, etc.). Posteriormente estas piezas son soldadas para dar la forma final a la silla. Hasta ahora, esta labor la realizaban tres soldadores, cada uno en su cabina. Pero Don Manuel, el jefe de producción, ha decidido incorporar nuevas tecnologías a su empresa, con el fin de automatizar el proceso y mejorar la producción. De forma que han decidido comprar un robot de soldadura, que complementaría su trabajo con el de los soldadores, realizando el soldado de las piezas más difíciles.

La estación completa se compone de dos robots, uno que recoge y coloca adecuadamente las piezas necesarias para ser soldadas y el otro que es el que finalmente realiza la soldadura.

Cuando han visto la demostración, en el vídeo que les ha traído el comercial, enseguida se dan cuenta de que ambos robots se mueven a gran velocidad, portando las piezas a soldar y las ya soldadas, por lo que constituyen un gran riesgo para todas las personas que se encuentren en las cercanías, así como para los operarios de mantenimiento, o los que periódicamente tienen que entrar a rellenar las reservas de piezas para soldar. Así que Don Manuel, le encarga a Juan, electricista de la empresa, que vaya diseñando un buen dispositivo de seguridad para esta máquina. La superficie que ocupan ambos robots es aproximadamente de 3m x 6m.

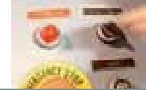
Rápidamente, Juan comienza a recopilar información acerca de los distintos dispositivos de seguridad que se pueden emplear en máquinas, así como de su conexionado. Una vez analizada toda la información, genera dos posibles soluciones que le presenta a Don Manuel, para que sea él quien finalmente tome la decisión.

¿Qué dos soluciones habrías propuesto tú? Realiza los esquemas eléctricos que consideres oportunos, consulta catálogos de fabricantes y realiza un presupuesto aproximado. Piensa que cuanta más información le entregues a Don Manuel, más fácil le será tomar la decisión (y más contento estará con tu trabajo).

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, podéis debatir sobre las tres primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Comenta en clase con tus compañeros y con ayuda del profesor ¿Cuáles son los elementos más peligrosos que se pueden encontrar en las máquinas?
2. A estas alturas del libro, ¿conoces ya algún sistema de seguridad que se pueda aplicar?
3. ¿Se te ocurre alguna manera de aplicarlo al sistema descrito?
4. ¿Qué función tendría la seta de emergencia en la maquinaria de la «Tapicería el Coto»?
5. ¿Qué elemento de seguridad instalarías para evitar que cualquier persona acceda a la zona de trabajo (y peligro) en la que se mueve el robot?
6. ¿Cómo asegurarías que la apertura de un resguardo impidiera el funcionamiento de todos los elementos móviles del robot?
7. ¿Para qué utilizarías módulos de seguridad en este sistema?



1. Introducción

recuerda

NA es Normalmente Abierto, que en los dispositivos puede aparecer como **NO** de la denominación inglesa.

NC: Normalmente Cerrado, que en la denominación inglesa se llama también **NC.**

En ocasiones tendrás que diseñar automatismos y cuadros eléctricos para el control de diversas máquinas. Las máquinas, por su naturaleza, son peligrosas, ya que disponen de elementos móviles, giratorios e incluso cortantes, que pueden producir accidentes de una gravedad considerable.

En el diseño de un buen automatismo para este tipo de instalaciones, debes tener presente que es importante combinar dos factores:

- La seguridad de las personas que operan dichas máquinas.
- La correcta disponibilidad de la instalación.

El proceso correcto consiste en identificar las zonas peligrosas de las máquinas (partes móviles), y disponer de un acceso protegido y controlado.

Existen numerosos dispositivos de protección que pueden ser utilizados en el diseño de automatismos para el control de máquinas. Todos ellos disponen de uno o varios contactos NA o NC que se utilizan para diseñar adecuadamente el automatismo que controla el funcionamiento de la máquina.

2. Dispositivos de parada de emergencia

caso práctico inicial

Colocar una seta en las inmediaciones de la zona de los robots, que al pulsarla detuviera su movimiento.

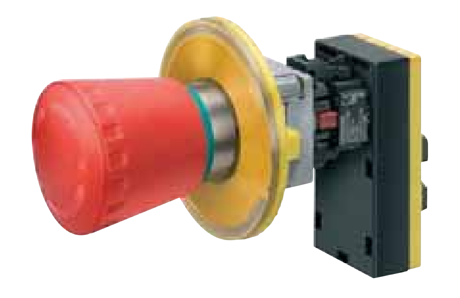
Deben permitir la parada de la máquina cuando se origine una situación de peligro tanto para el operario como para la propia máquina, lo más rápido posible.

Existen dos tipos principales: parada mediante seta de emergencia y parada mediante cable.

2.1. La seta de emergencia

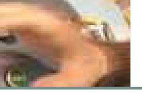
Es un elemento electromecánico, tipo pulsador, que se ubica en sitios estratégicos de la máquina para acceder a ella cuanto antes.

Dispone de una cámara de contactos y un sistema de accionamiento tipo botón (de color rojo) con enclavamiento mecánico, que no permite el rearme del circuito hasta que la seta se desenclava manualmente.






↑ **Figura 11.1.** Diferentes tipos de setas de emergencia (SIEMENS AG).



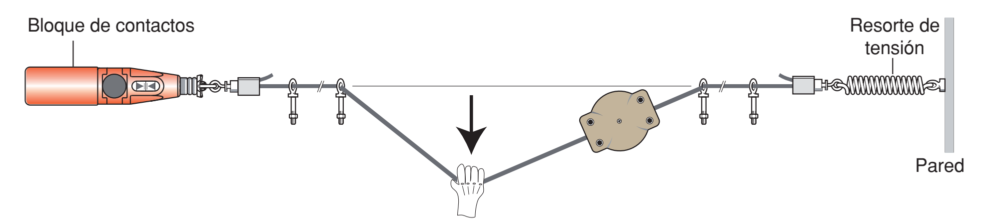
2.2. Interruptor de tiro por cable

Es un elemento electromecánico, que dispone de una cámara de contactos, para usar en el circuito de mando, y un sistema de accionamiento por tiro.

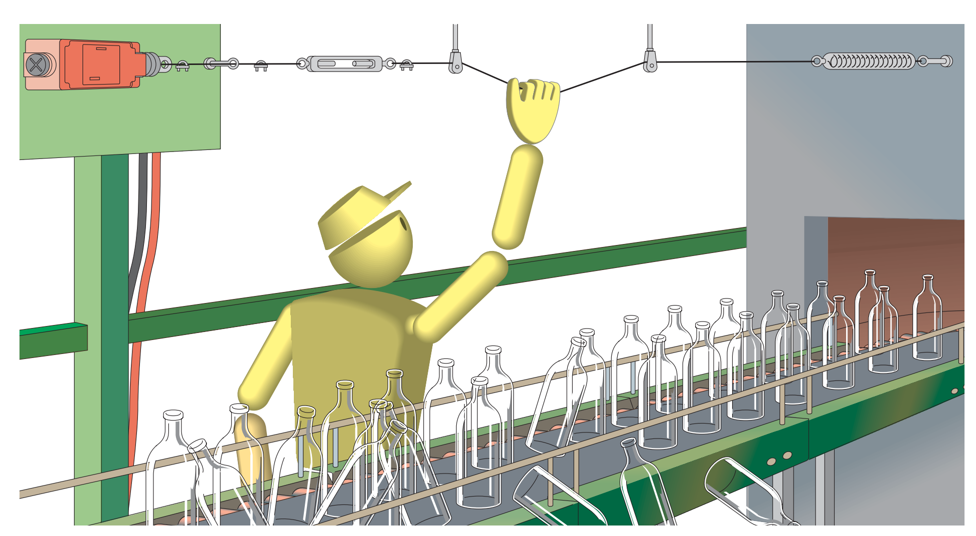
El cable se debe fijar en uno de sus extremos a la pared, a través de un resorte, y en el otro al cáncamo del interruptor de tiro.

Cuando el operario, o la propia máquina, tira del cable, los contactos de la cámara cambian de posición actuando sobre el circuito eléctrico de mando.

En la mayoría de las ocasiones, es necesario el rearme manual del bloque de contactos, para poner nuevamente en marcha el circuito de automatismos que gobierna.



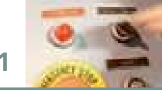
↑ **Figura 11.2.** Interruptor de emergencia de tiro de cable (ALLEN BRADLEY).



↑ **Figura 11.3.** Parada de emergencia mediante cable (TELEMECANIQUE).

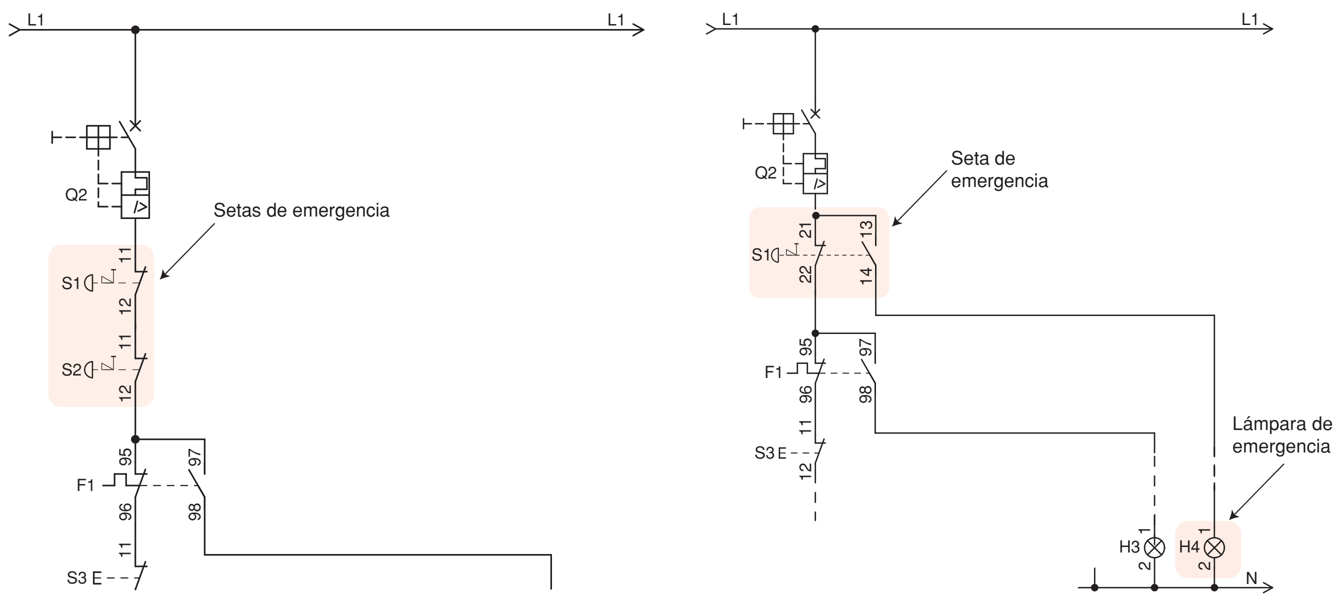
Los símbolos e identificadores en los esquemas para estos elementos de emergencia son:

Elemento	Símbolos	Identificador
Seta de emergencia con enclavamiento mecánico. Contacto NC	11 12	S
Interruptor de tiro de emergencia. Contactos NA y NC	13 14 21 22	S



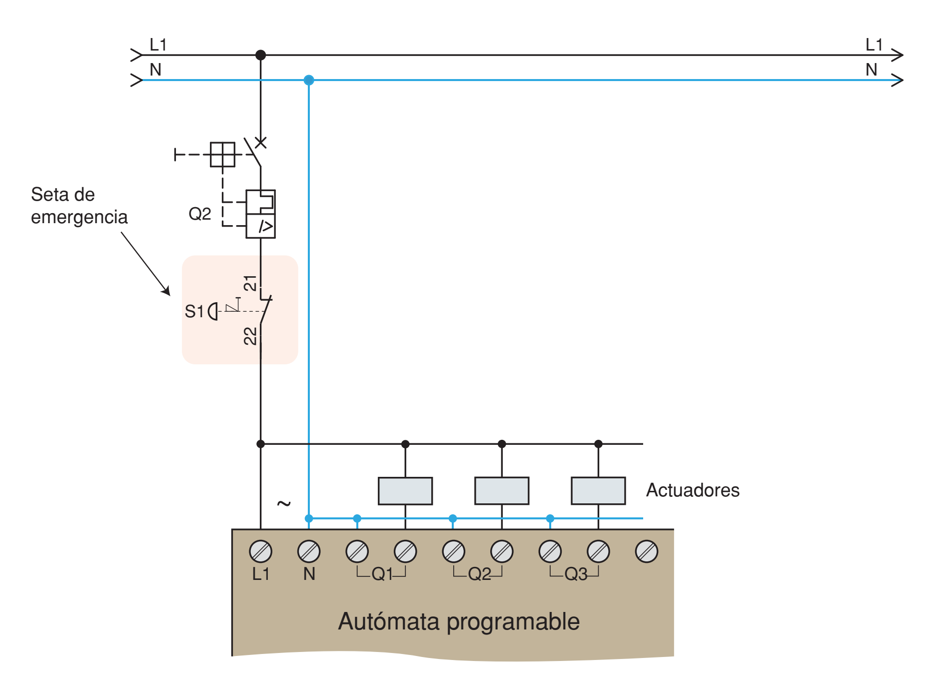
El uso de los dispositivos de parada de emergencia, por ejemplo de la seta, puede hacerse de diferentes formas:

- Para desconexión general de los circuitos de mando. En este caso el elemento de seguridad se conecta en serie en el circuito de mando, antes de los contactos del relé térmico.
- Si es necesario señalizar el accionamiento de la aparamenta de seguridad, se puede añadir un contacto NA que active el dispositivo de señalización acústica (silbato, timbre, etc.) o luminosa (lámpara).
- Cuando se alimentan dispositivos electrónicos de control, como PLC o relés programables, la seta corta una o dos de las fases que los alimentan.



↑ **Figura 11.4.** Uso de dos setas de emergencia NC en un circuito de mando.

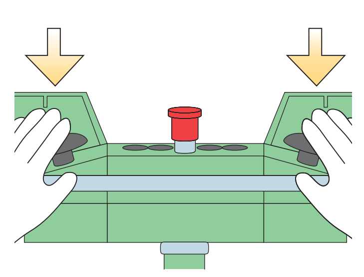
↑ **Figura 11.5.** Conexión de seta de emergencia con doble contacto.



↑ **Figura 11.6.** Uso de la seta de emergencia para cortar la alimentación de un PLC.

3. Dispositivo de mando a dos manos

Consiste en un pulsador de puesta en marcha de la máquina que requiere de la acción simultánea de las dos manos. Con esto se consigue que el operario tenga ambas manos ocupadas y no pueda introducirlas en la zona peligrosa de la máquina mientras que esta está funcionando. Solamente protege al trabajador que la está manejando.



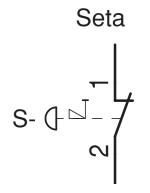
↑ **Figura 11.7.** Funcionamiento de un dispositivo de mando a dos manos.



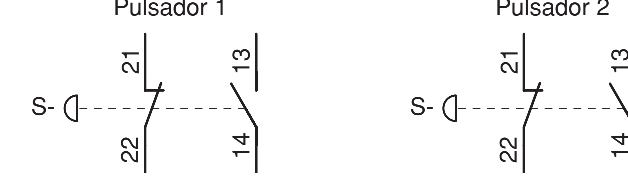
← **Figura 11.8.** Dispositivo de mando a dos manos (SIEMENS).

El dispositivo consta de los dos pulsadores, con al menos dos contactos (un NA y otro NC), y la seta de emergencia.

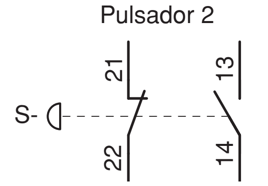
Seta



Pulsador 1



Pulsador 2



← **Figura 11.9.** Elementos eléctricos del interior de un dispositivo de mando a dos manos.

Un dispositivo de mando a dos manos se puede utilizar con circuitos de mando convencionales, pero es aconsejable su uso con los módulos de seguridad que se describen más abajo.

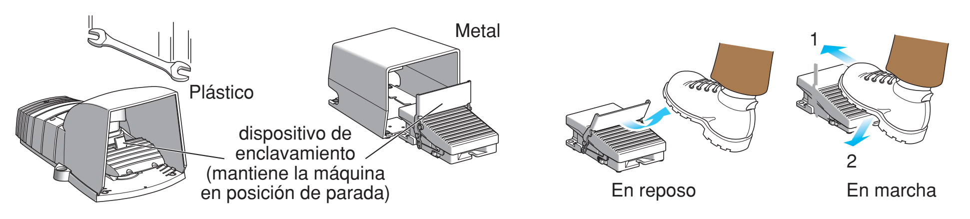
4. Pedales

Se pueden utilizar pedales tanto para la puesta en marcha como para la parada de las máquinas. En el caso de la marcha, se suele diseñar el automatismo de tal forma que la máquina únicamente funcione mientras el pedal se encuentra pulsado. Colocando dicho pedal a una distancia considerable de la zona peligrosa de la máquina, conseguimos que el operario esté protegido mientras esta se encuentra en funcionamiento.



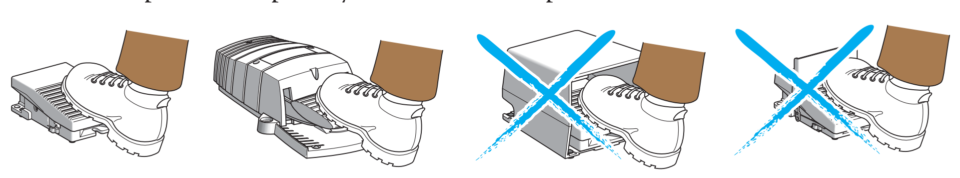
↑ **Figura 11.10.** Distintos tipos de pedales (FUSSCHALTER FD).

- Pedales con capot de protección para las funciones de puesta en marcha. Se impide de esta manera su accionamiento de forma accidental.



← **Figura 11.11.** Pedales con capot y retención mecánica en la posición de parado (TELEMECANIQUE).

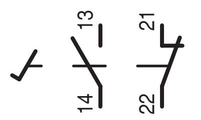
- Pedales sin capot de protección para la función de parada de la máquina. En este caso prima la rapidez y la facilidad de operación.



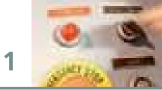
↑ **Figura 11.12.** Pedales sin capot y sin dispositivo de retención (TELEMECANIQUE).

recuerda

Los interruptores de pedal se identifican en los esquemas con la letra S y con el siguiente símbolo:



↑ **Figura 11.13.** Pedal con doble cámara de contactos.



5. Interruptores de seguridad

caso práctico inicial

En la «Tapicería el Coto» se podría proteger la zona de robots mediante barreras y una puerta, cuyo estado abierta/cerrada, se controlase mediante un interruptor de seguridad.

Los interruptores de seguridad se utilizan como dispositivos de enclavamiento que impiden el funcionamiento de la máquina en determinadas condiciones. Generalmente van asociados a un resguardo, puerta o rejilla. El dispositivo detecta la posición de este resguardo, e impide la puesta en marcha de la máquina hasta que el resguardo no se encuentra en la posición de cerrado. Si estando funcionando la máquina, el resguardo se abre, la máquina también se para. A continuación se describen los diversos tipos.

5.1. Interruptor de seguridad de actuador separado

Constan de dos elementos, el cuerpo del interruptor y la clavija del actuador. Cuando la clavija entra en el cuerpo del interruptor, abre o cierra los contactos eléctricos.



↑ **Figura 11.14.** Distintos tipos de actuadores separados (SIEMENS).



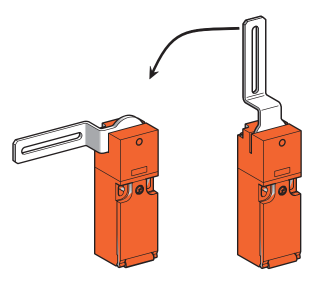
← **Figura 11.15.** Interruptor de seguridad con actuador separado (SIEMENS).

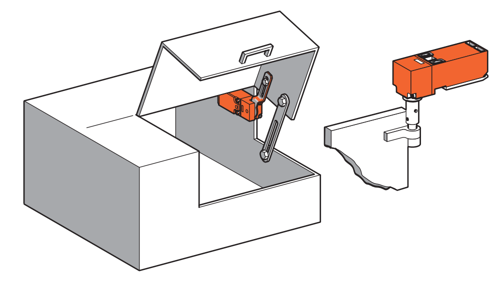
5.2. Interruptor de seguridad por bisagra

Tienen un actuador en forma de eje, que actúa como una bisagra en resguardos, puertas o tapas giratorias.



↑ **Figura 11.16.** Interruptor de seguridad por bisagra (SIEMENS).





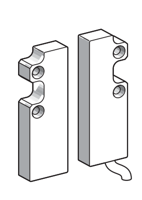
↑ **Figura 11.17.** Interruptor de seguridad por bisagra y ejemplo de utilización.

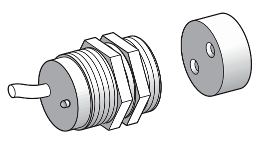


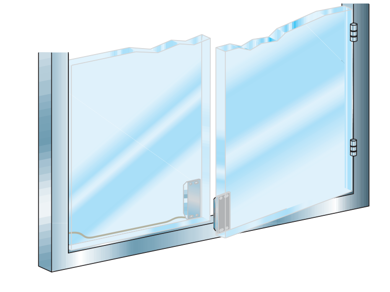
↑ **Figura 11.18.** Interruptor de seguridad de bisagra (BERNSTEIN).

5.3. Interruptor de seguridad sin contacto

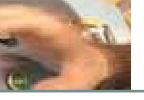
Son elementos de captación magnética sin contacto.







→ **Figura 11.19.** Dos tipos de interruptores utilizados para enclavamiento sin contacto y ejemplo de aplicación.



El símbolo y el identificador en los esquemas para este tipo de interruptores es el siguiente:

Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor magnético		B



↑ **Figura 11.20.** Interruptores de seguridad sin contacto (SIEMENS).

5.4. Finales de carrera

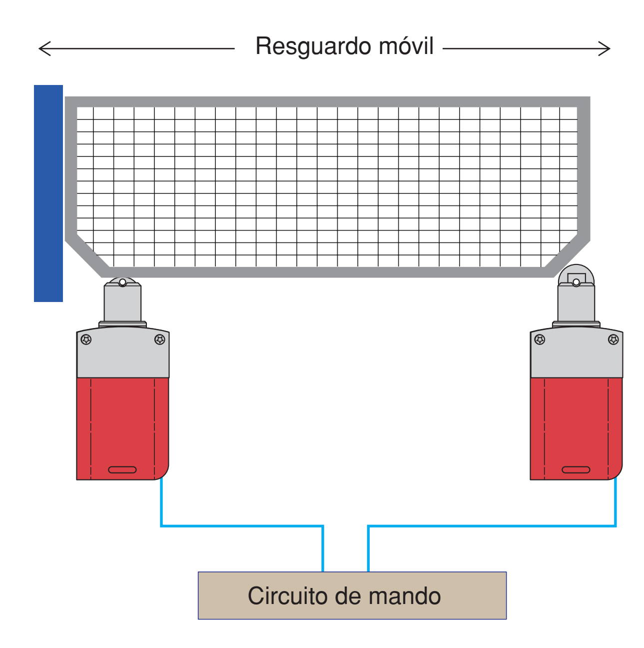
En unidades anteriores, has estudiado y utilizado finales de carrera para actuar sobre un circuito de mando. Estos se comportan como simples pulsadores, que accionan la máquina, pero no disponen de elementos de seguridad. Sin embargo, se pueden utilizar para garantizar que un elemento móvil no se pueda activar si no se encuentra en una posición determinada. Por ejemplo: que una máquina no pueda ponerse en marcha si un elemento de resguardo (una puerta) no se ha cerrado previamente.

recuerda

El símbolo general para los interruptores de posición es:

O bien:

↑ **Figura 11.21.** Símbolo del interruptor de posición.



↑ **Figura 11.22.** Ejemplo de dispositivo de enclavamiento con finales de carrera.

5.5. Interruptores de posición con retención

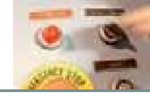
Evitan la apertura de una puerta o resguardo mientras haya un movimiento peligroso de la máquina. Habilitan la máquina o el proceso solo con el dispositivo de protección cerrado y retenido, y la bloquean cuando el dispositivo de protección está abierto. El bloqueo se consigue mediante un resorte o mediante un electroimán.

Elemento	Símbolos	Identificador
Final de carrera de rodillo con retención mecánica y rearme manual. Contacto NC		S





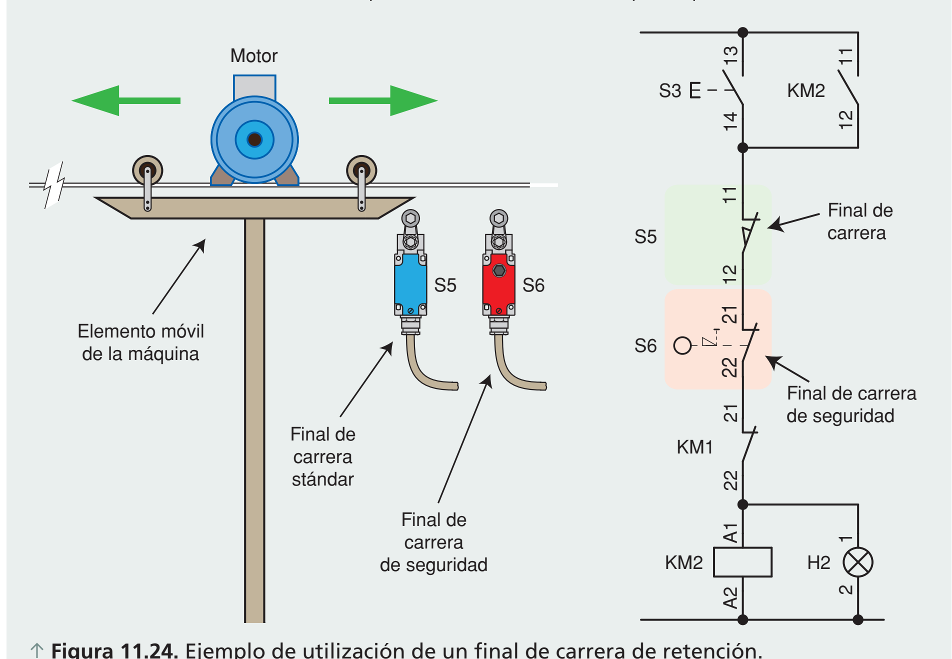
↑ **Figura 11.23.** Interruptores de posición con retención (SIEMENS).



EJEMPLO

Ejemplo de uso de un final de carrera con retención

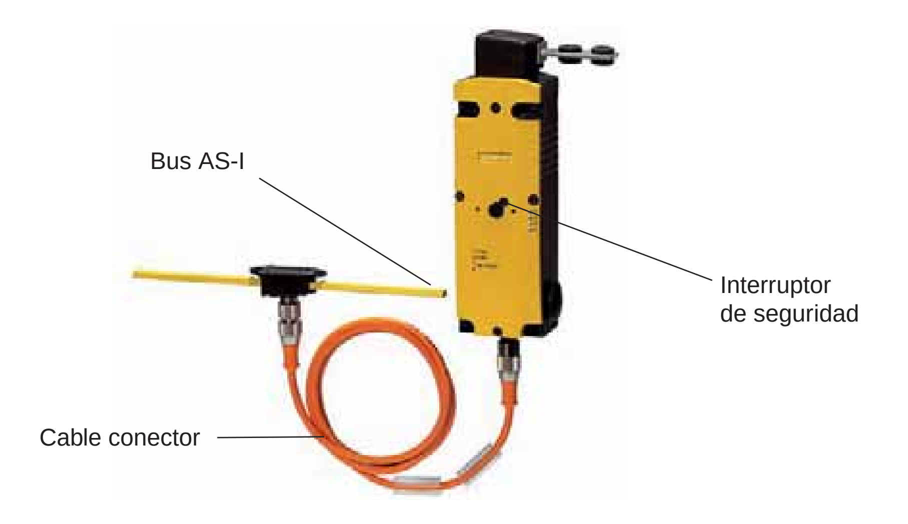
En la figura 11.24 se muestra un puente grúa (visto en unidades anteriores) al cual se le ha instalado un final de carrera (S5) para detener el movimiento del carro cuando se desplaza hasta el extremo derecho. Si por algún motivo este final de carrera dejase de funcionar (bloqueo mecánico de su rodillo, desplazamiento de su lugar de instalación, etc), un segundo final de carrera (S6) se encargaría de parar el elemento móvil. Este segundo final de carrera es de retención y, por tanto, si se acciona es necesario acceder a él para desbloquearlo manualmente, obligando al técnico de mantenimiento a reparar el final de carrera principal.



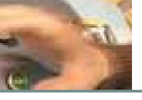
↑ **Figura 11.24.** Ejemplo de utilización de un final de carrera de retención.

5.6. Interruptores de seguridad con comunicación AS-I

Existen en el mercado interruptores de todos los tipos vistos anteriormente, con la posibilidad de ser conectados directamente a un bus de comunicaciones (interfaz AS-I), por lo que ya no es necesario realizar el cableado convencional.



→ **Figura 11.25.** Interruptores de seguridad con conexión AS-I.



5.7. Interruptores de seguridad para zonas ATEX

Interruptores utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. Existe una normativa exclusiva (Directiva ATEX) que estos aparatos tienen que cumplir. Exteriormente son semejantes a los anteriores pero con un tornillo de puesta a tierra en el exterior de la caja.



← **Figura 11.26.** Interruptores zonas ATEX (SIEMENS).

6. Cerraduras secuenciales

Son cerraduras que van asociadas a contactos eléctricos, y se basan en la posición de diversas llaves, y secuencia de actuación entre ellas para cambiar el estado de dichos contactos eléctricos.

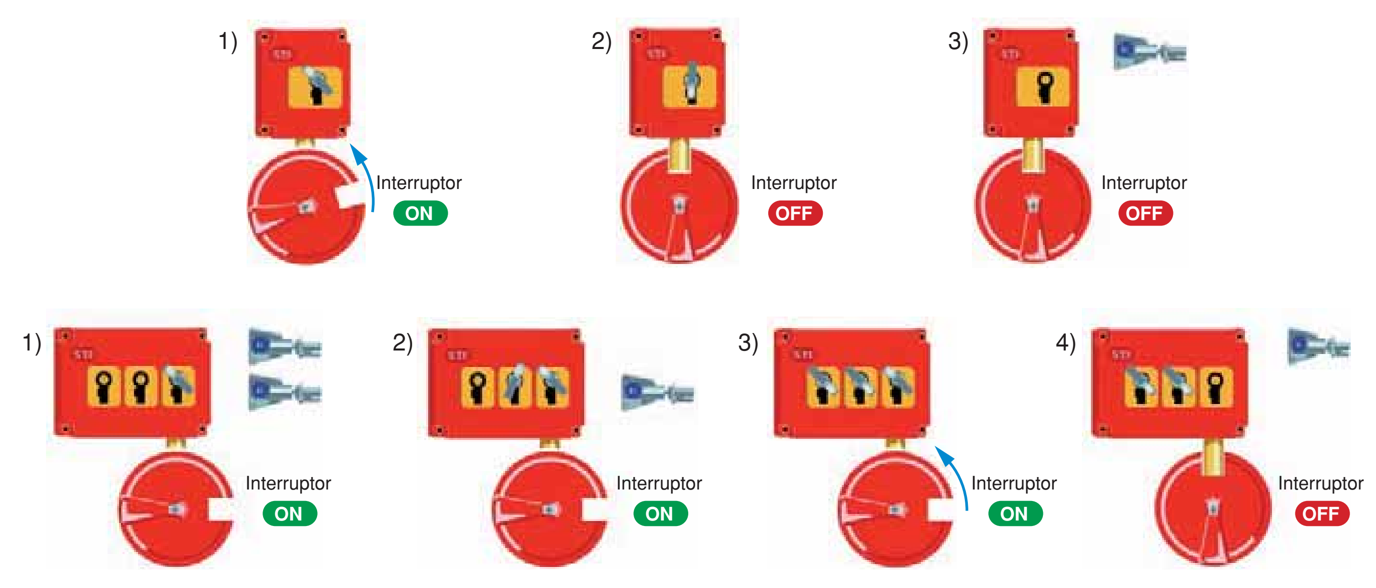
Una de sus aplicaciones es bloquear el circuito de mando en posición abierta de un determinado automatismo mientras que una puerta esté abierta.

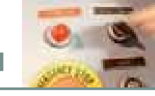
6.1. Cerraduras de pestillo

Mediante las distintas posiciones de una o más llaves se puede enclavar la posición de un contacto eléctrico.

Cuando el interruptor está en la posición ON no es posible sacar la llave, cuando el interruptor pasa posición OFF, se puede retirar la llave, que desliza el pestillo, enclavando en esta posición.

↓ **Figura 11.27.** Dos tipos de cerradura de pestillo (STI).

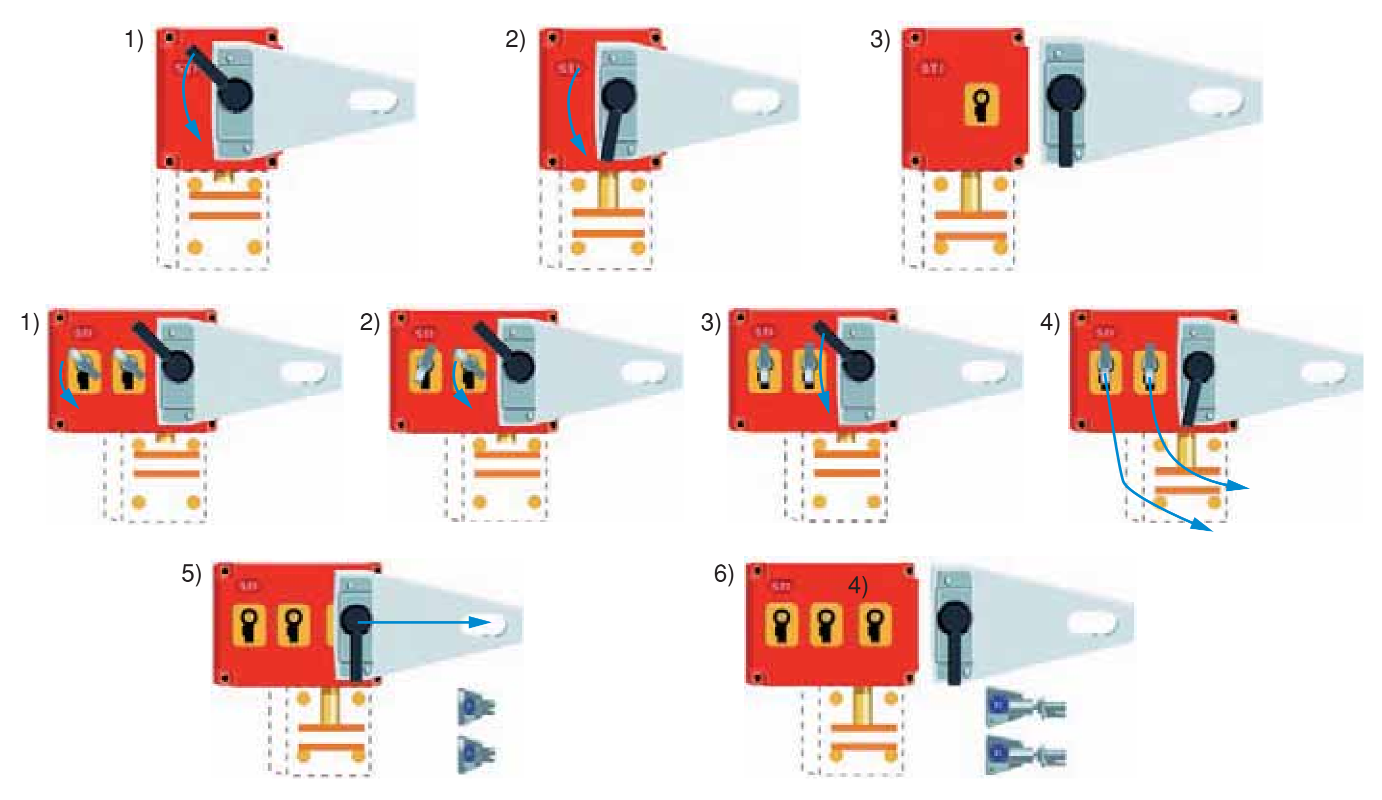




6.2. Cerraduras de acceso

Cerraduras que permiten bloquear el circuito de mando cuando se encuentran en posición abierta. En algunos casos también disponen de llaves que hasta que no son introducidas no permiten la apertura de la puerta.

Al hacer girar el picaporte para abrir la puerta, los contactos eléctricos se abren.

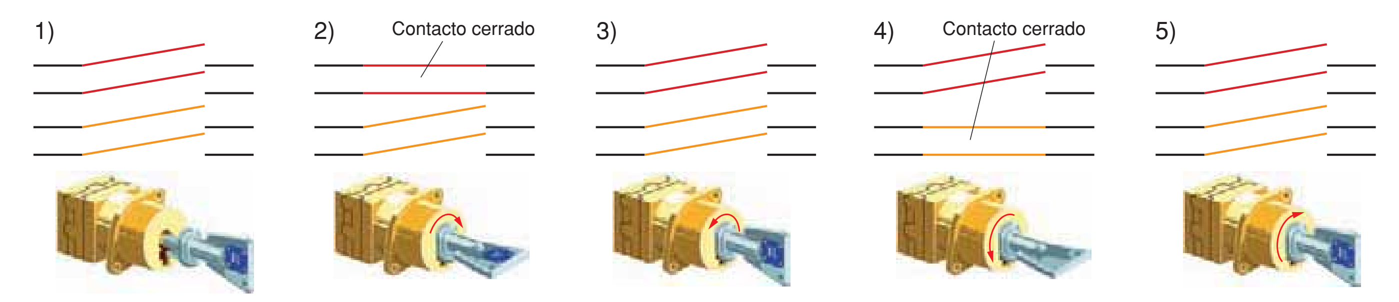


↑ **Figura 11.28.** Dos tipos de cerraduras de contacto (STI).

6.3. Cerraduras rotativas

También existen varias posibilidades, pero el principio de funcionamiento es el mismo para todas. En función de la posición y giro de una o varias llaves se cambia la posición abierta o cerrada de los contactos eléctricos.

↓ **Figura 11.29.** Ejemplo de funcionamiento de cerradura rotativa (cortesía STI).



ACTIVIDADES

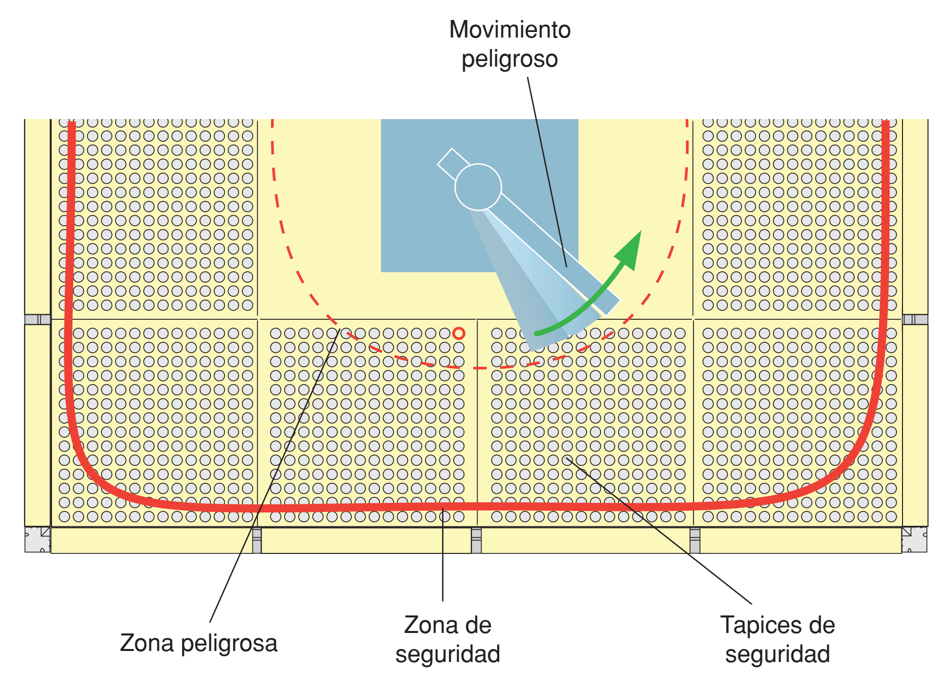
1. Visita la página de la empresa STI en http://www.servtrayvou.com/espagnol/index.htm. En ella se muestran distintos tipos de cerraduras secuenciales así como animaciones de su funcionamiento y sus características técnicas.

7. Dispositivos sensibles

Mediante los dispositivos sensibles se impide el acceso de personas a zonas peligrosas en el entorno de una máquina, deteniendo esta cuando la persona acciona el dispositivo sensible.

7.1. Alfombras o tapices sensibles

Se colocan en el suelo delimitando la zona susceptible de movimientos peligrosos de una máquina (brazos robot, por ejemplo). Al pisar sobre ellos se activan los contactos que detienen la máquina.



↑ **Figura 11.31.** Disposición de los tapices de seguridad (TELEMECANIQUE).

caso **práctico** inicial

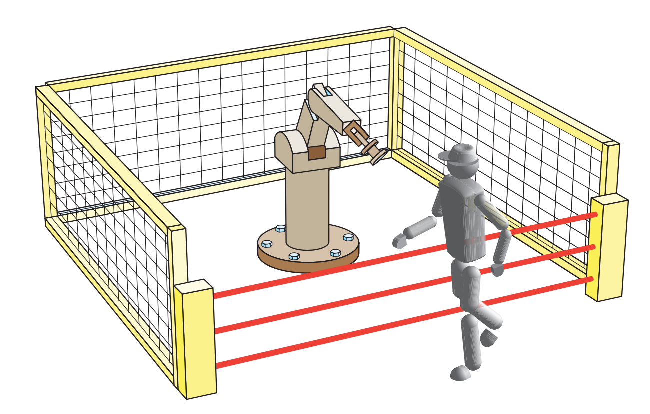
En la «Tapicería el Coto» si se instalasen alfombras sensibles alrededor de la zona de robots, al acercarse demasiado una persona, la máquina se detendría.



↑ **Figura 11.30.** Tapices sensibles.

7.2. Barreras inmateriales

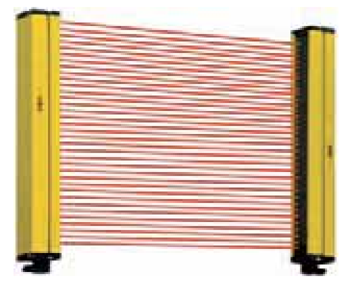
Consisten en colocar barreras de luz infrarroja alrededor de una máquina o un robot peligroso. Cuando la persona interrumpe con su paso alguno de los rayos, la máquina tiene que detenerse.



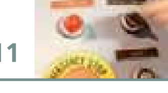
↑ **Figura 11.32.** Protección de zonas peligrosas mediante barreras inmateriales (TELEMECANIQUE).

caso **práctico** inicial

En la «Tapicería el Coto» se podría rodear la zona de los robots mediante barreras inmateriales.



↑ **Figura 11.33.** Barreras inmateriales (GREIN).

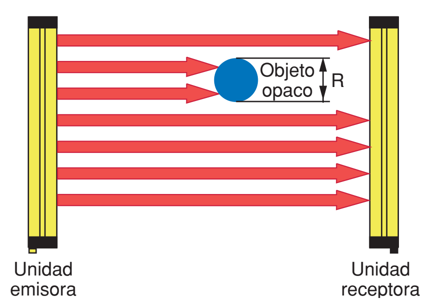


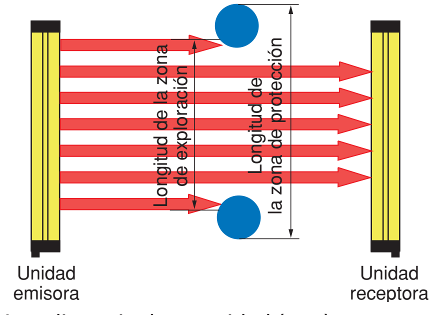


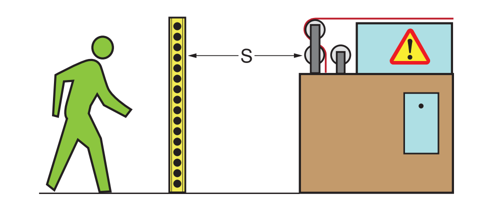
↑ **Figura 11.34.** Barrera fotoeléctrica y cortina fotoeléctrica (SIEMENS).

Entre las principales características que definen una barrera inmaterial se encuentran las siguientes:

- Resolución: es el tamaño mínimo de un objeto opaco que atravesando la barrera inmaterial interrumpe al menos un rayo. Este factor es importante para elegir una barrera en función de la parte del cuerpo que se quiere proteger: protección de dedos R≤14 mm, protección de manos R≤30 mm, protección de cuerpo R>40.
- Altura del campo de protección: delimita la zona en la que se asegura que un objeto opaco de tamaño igual o superior a la resolución interrumpe al menos un rayo.
- Distancia de seguridad: distancia a la que hay que colocar la barrera de la máquina peligrosa.

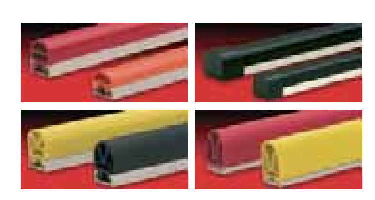






↑ **Figura 11.35.** Resolución, Zona de protección y distancia de seguridad (PILZ).

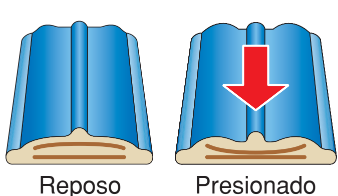
7.3. Bordes sensibles



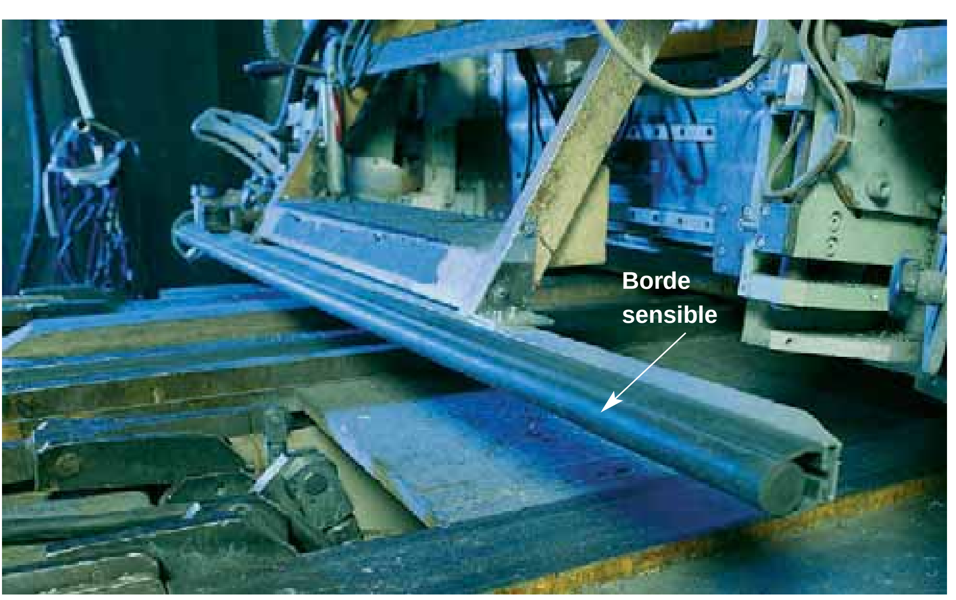
↑ **Figura 11.36.** Bordes sensibles (TAPESWITCH).

Se utilizan para controlar todo tipo elementos móviles, detectando en todo momento su contacto con cualquier objeto o persona, y deteniendo en ese caso el movimiento. Previenen contra aplastamientos. Disponen de dos zonas conductoras a lo largo de toda su longitud, y al hacer presión sobre la superficie, ambas se unen provocando el cierre del contacto. Se fabrican en formas diferentes, dependiendo de su uso (exteriores, interiores, curvos, etc.) y se diseñan para distintas fuerzas de accionamiento.

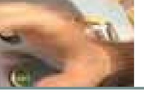




↑ **Figura 11.37.** Funcionamiento de los bordes sensibles (FEGEMU y GREIN respectivamente).



↑ **Figura 11.38.** Ejemplo de aplicación de los bordes sensibles (HAAKE).



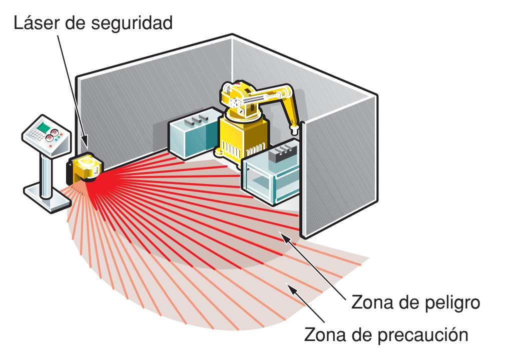
7.4. Parachoques (bumper sensible)

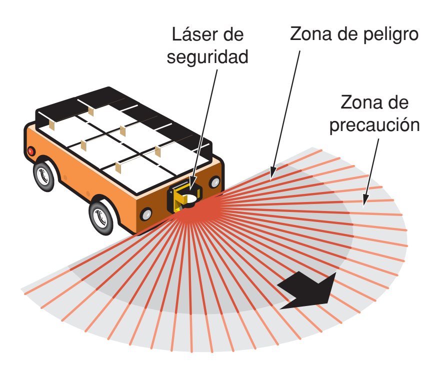
Dispositivos de seguridad que se suelen utilizar en vehículos o máquinas móviles. Están recubiertos de espuma, con objeto de amortiguar el golpe. Interiormente tienen un contacto eléctrico que cuando se acciona detiene la máquina o el elemento móvil peligroso. Se fabrican a medida con cualquier forma.

↑ **Fig11.39.** Parachoques (HAAKE).

7.5. Láser o escáner de seguridad

Detecta el acceso de personas a determinadas áreas peligrosas. El principio de funcionamiento también es mediante haces de rayos infrarrojos, pero solo constan del emisor. Tienen ángulos de detección de hasta 270°. Algunos modelos pueden ser utilizados en aplicaciones móviles.





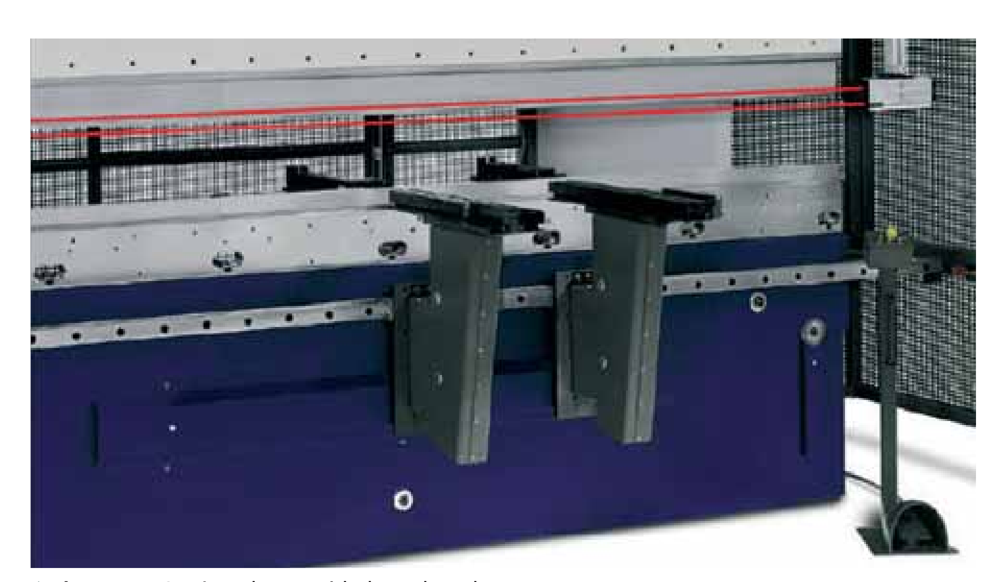
↑ **Fig11.40.** Ejemplo de aplicación de un láser de seguridad fijo y otro móvil (STI).

caso práctico inicial

En la «Tapicería el Coto» se podría proteger la zona de acceso a los robots mediante un laser de seguridad como en la figura 11.40.

7.6. Láser de seguridad para plegadoras

Dispositivo que protege al operario del riesgo de aplastamiento por parte del elemento móvil de la máquina (prensa). El láser se fija precisamente a esta parte móvil, controlando en todo momento que no penetre ningún objeto (manos o dedos) debajo de la zona peligrosa. Su funcionamiento es similar al de dispositivos anteriores, y se basa en la emisión de haces de luz infrarroja, que al ser cortados por cualquier objeto, provocan la detención inmediata de la máquina.



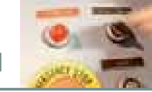
↑ **Figura 11.42.** Láser de seguridad en plegadora.



↑ **Fig11.41.** Laser de seguridad (SICK).

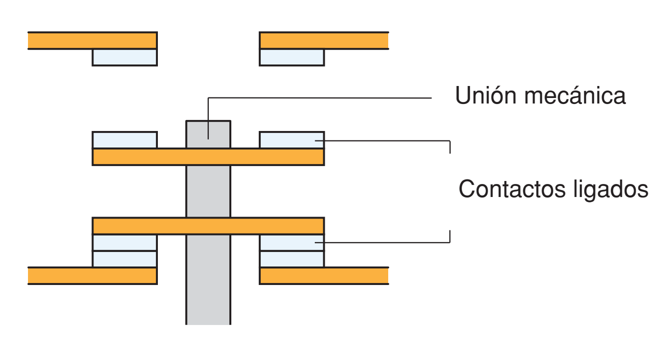


↑ **Fig11.43.** Láser de seguridad (LEUZE ELECTRONIC).

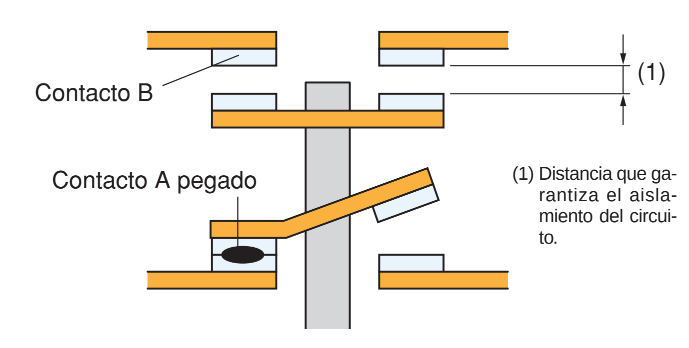


8. Contactores de seguridad

Los contactores de seguridad disponen de contactos con «acoplamiento mecánico», de manera que sea totalmente imposible mantener cerrados simultáneamente los contactos NC y los contactos de potencia, aunque existiese un fallo en estos últimos que imposibilitase su apertura (soldadura de contactos, por ejemplo). Si no fuese así, aunque los contactos de potencia no se abriesen, al desactivar la bobina, los contactos NC se cerrarían, pero la unión mecánica imposibilita esta acción.

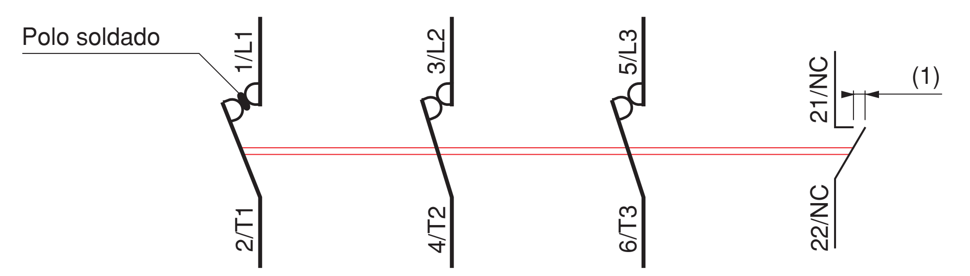


↑ **Figura 11.44.** Detalle de la unión mecánica de dos contactos (TELEMECANIQUE).



↑ **Figura 11.45.** Detalle del funcionamiento de seguridad ante el bloqueo de un contacto. (TELEMECANIQUE).

Gracias a esto se consigue mantener la máquina parada en caso de un fallo o deterioro del contactor. Si el circuito de fuerza presenta problemas, los contactos de mando no cambian de posición y no permite el funcionamiento del circuito de mando.

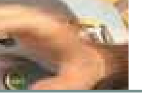


(1) Distancia que garantiza el aislamiento del circuito.

↑ **Figura 11.46.** Acoplamiento mecánico entre contactos.



↑ **Figura 11.47.** Dos tipos de contactores de seguridad (ALLEN-BRADLEY).

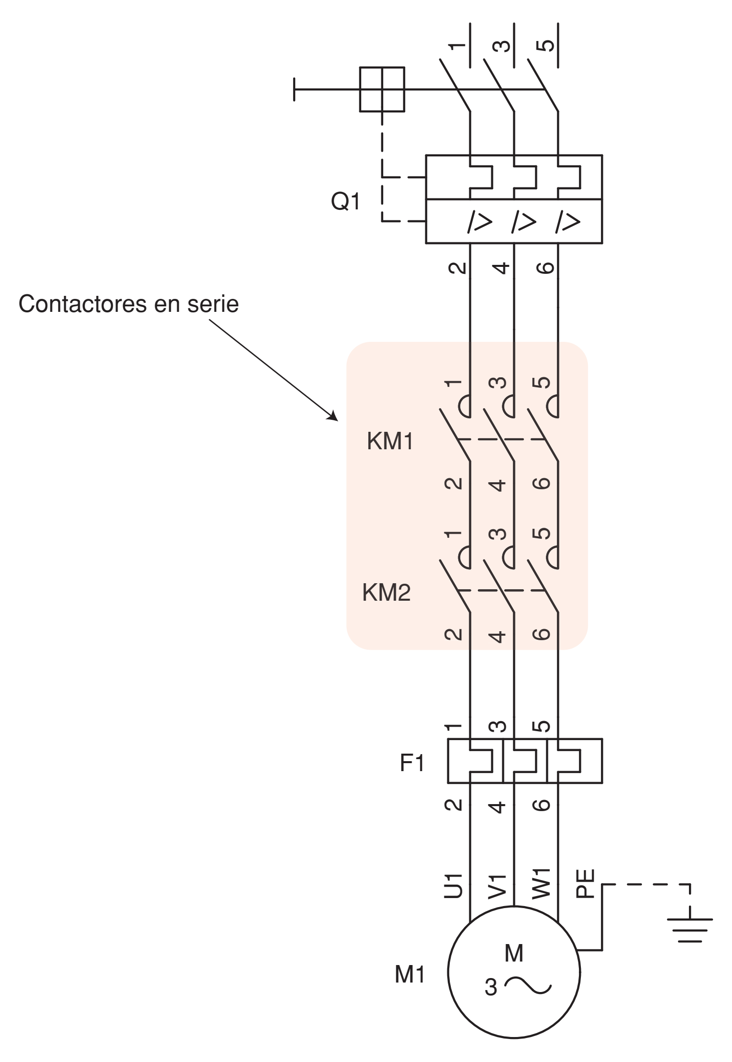


9. Seguridad por circuitos de fuerza redundantes

Un circuito redundante es aquel en el que se duplican determinados elementos (contactos, contactores, bobinas, etc.), de forma que si uno de ellos falla, el otro se encarga de realizar la operación de seguridad que se le había asignado.

En la seguridad para el arranque de motores, es habitual el uso de dos contactores conectados en serie en el circuito de potencia. Si uno de ellos falla (por ejemplo, por soldadura de uno de sus polos), el otro debe desconectar la máquina para evitar que siga en funcionamiento.

En este tipo de circuitos siempre es aconsejable el empleo de contactores de seguridad, que dispongan de contactos acoplados mecánicamente.



↑ **Figura 11.48.** Conexión de contactores en serie en el circuito de fuerza.

vocabulario

Español-Inglés

Seguridad: *safety*

Seta de emergencia: *emergency-stop*

Interruptor de posición: *position switch*

Mando a dos manos: *two hand operation console*

Pedal interruptor: *foot-operated switch*

Interruptor de cable: *cable pull swich*

Barrera fotoeléctrica: *light curtain*

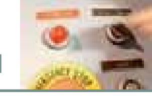
Parachoques: *bumper*

Cerraduras secuenciales: *trapped key switches*

Alfombras sensibles: *sensitive mats*

Bordes sensibles: *safety edges*

Ambos contactores deben ser del mismo calibre y se deben activar a la vez.



10. Módulos de seguridad

Son dispositivos que se emplean para controlar los distintos elementos de seguridad integrados en el automatismo para el mando de una determinada máquina (sensores y actuadores).

Existen módulos de seguridad muy diversos, pero todos tienen una serie de funciones comunes:

- Detección de fallos: evaluación continúa del correcto estado de los sensores (interruptores, barreras fotoeléctricas, etc.), actuadores (contactores), así como de su cableado.
- Evaluación de las situaciones de emergencia: paro de emergencia, sensores activados, etc.
- Vigilancia de la actuación adecuada de los dispositivos de desconexión en caso de peligro (contactores que desconectan la alimentación, por ejemplo).
- Proporcionar una desconexión segura.



↑ **Figura 11.49.** Módulo de seguridad (SCHMERSAL).



↑ **Figura 11.50.** Módulo de seguridad (SIEMENS).

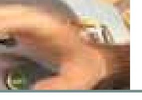


↑ **Figura 11.51.** Módulo de seguridad (TELEMECANIQUE).

Los distintos fabricantes, presentan características de este tipo de módulos bastante diversas, encontrando así:

- Módulos de control de seguridad estándar.
- Módulos de control de seguridad con salidas temporizadas o retardadas.
- Módulos de seguridad con salidas de relé.
- Módulos de seguridad con salidas electrónicas.
- Módulos de control de mando a dos manos.
- Módulos de expansión de salidas convencionales, para incrementar el número de salidas disponible.

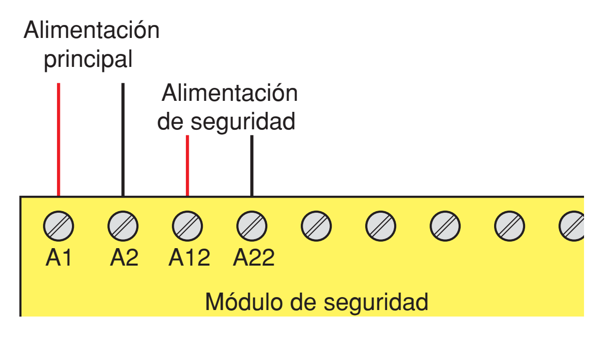
Una vez presentada la situación de peligro, y desconectada la fuente de alimentación, existe la posibilidad de un rearme manual o bien automático por el propio módulo.



10.1. Partes de un módulo de seguridad

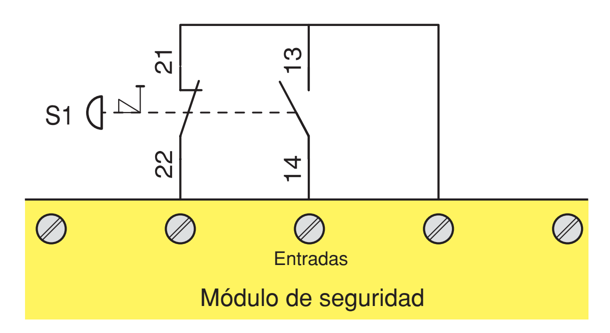
Según el tipo de módulo de seguridad, las conexiones pueden hacerse de una manera u otra, pero en general todos los dispositivos de este tipo constan de las siguientes partes:

- **Bornes de alimentación.** Permiten la puesta en tensión del módulo. Algunos módulos disponen de una alimentación redundante, de forma que si una de ellas falla, el módulo siga funcionando a través de la otra.



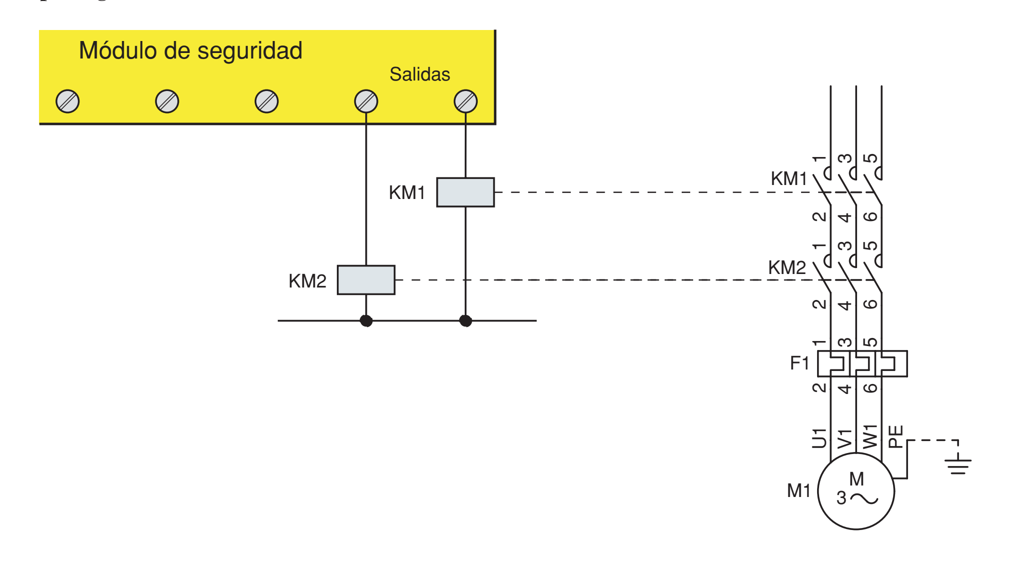
← **Figura 11.52.** Ejemplo de alimentación redundante para un módulo de seguridad.

- **Bornes de entradas.** Son los puntos de conexión para los elementos que se desea conocer en todo momento su estado por cuestiones de seguridad (dispositivo a dos manos, setas de emergencia, interruptores magnéticos, etc.).



← **Figura 11.53.** Conexión de una seta de emergencia a las entradas de un módulo de seguridad.

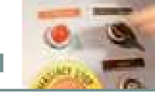
- **Bornes de salidas.** Permiten gestionar las bobinas de los contactores principales y elementos de señalización. En el caso de las primeras, suelen ser redundantes, para gestionar dos contactores conectados en serie en el circuito de fuerza.



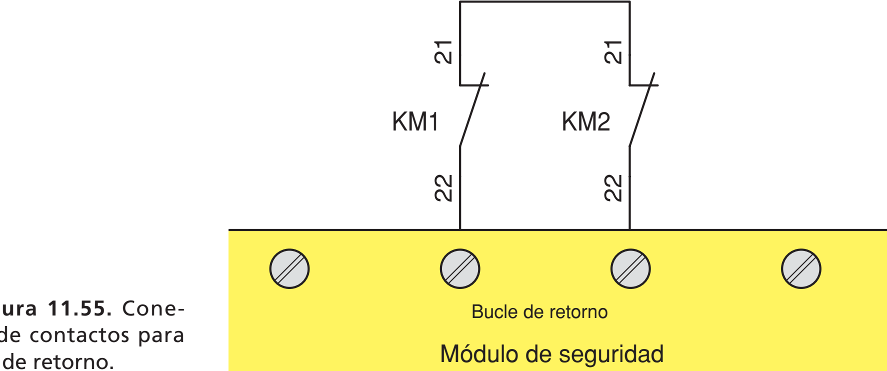
← **Figura 11.54.** Conexión de salidas a bobinas de contactores de seguridad.

saber más

Antes de conectar un módulo de seguridad, es necesario consultar el manual de instalación que facilita el fabricante.



- **Bornes para el bucle de retorno.** Se utilizan para conocer el estado de los contactores principales. El bucle de retorno se establece, conectado en serie un contacto cerrado de cada uno de los contactores principales que gestionan la máquina.



→ **Figura 11.55.** Conexión de contactos para bucle de retorno.

EJEMPLO

Ejemplo de conexión de un módulo de seguridad para la puesta en marcha de un motor con un dispositivo de mando a dos manos, con bucle de retorno y circuito de fuerza con contactores redundantes.

↑ **Figura 11.56.** Ejemplo de conexión de un módulo de seguridad para el mando a dos manos.

10.2. Módulos de seguridad programables

Existen también en el mercado módulos de seguridad más complejos que permiten funciones de seguridad parametrizables mediante *software* a través de una conexión con un PC (lógica programada en lugar de lógica cableada). Se utilizan en sistemas con una complejidad media de las funciones de seguridad.







↑ **Figura 11.57.** Módulo de seguridad programable (SIEMENS).

11. Autómatas de seguridad

Un autómata de seguridad, tiene una CPU que ha sido ampliada con módulos de seguridad, y tiene además los módulos estándar. De esta manera, es posible desarrollar con ella las labores normales de automatización, así como tareas de seguridad.

El autómata de seguridad, vigila en todo momento las entradas y salidas conectadas al módulo de seguridad, y en cuanto detecta un fallo, pasa a un estado seguro o permanece en él.

saber más

La programación y configuración se realiza con las mismas herramientas estándar que en una CPU normal. Para poder implementar las funciones de seguridad, es necesario disponer un paquete opcional que facilita el fabricante.



↑ **Figura 11.58.** Ejemplo de configuración de autómata de seguridad (SIEMENS).

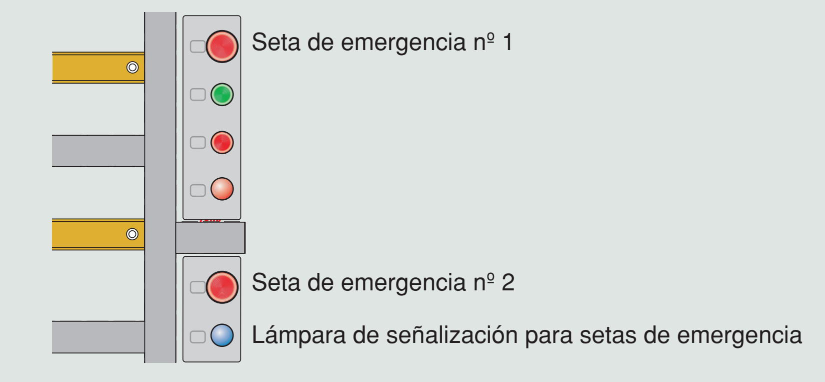


ACTIVIDADES FINALES

■ 1. Realiza la actividad propuesta en la Práctica Profesional 1 de esta unidad.

■ 2. Sobre el circuito de la actividad anterior, coloca un contacto Normalmente Cerrado (NC) en la seta de emergencia y realiza el cableado necesario para que al accionarla se encienda una lámpara de señalización. Dibuja el esquema de mando completo.

■ 3. ¿Cómo conectarías una segunda seta de emergencia en la actividad anterior, para que al accionarla corte el circuito de mando y encienda también la lámpara de señalización? Dibuja el esquema de mando y móntalo sobre el panel de prueba.



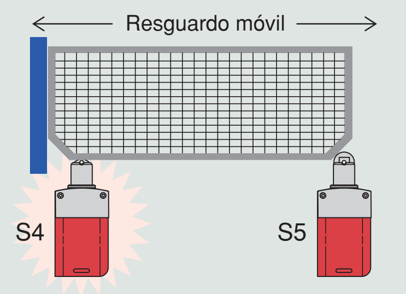
→ **Figura 11.59.** Detalle de la fijación de la segunda seta de emergencia y la lámpara de señalización sobre el panel de pruebas.

■ 4. Un resguardo móvil protege un espacio en el que hay una máquina peligrosa que se arranca con un motor eléctrico trifásico. Dicho motor solamente se puede poner en marcha si el resguardo se encuentra en la posición de cerrado. Para detectar esta posición, se han instalado dos finales de carrera: S4 se pulsa solamente cuando el resguardo está completamente cerrado y S5 se acciona cuando se encuentra en cualquier otra posición, es decir, abierto.

La máquina se gestiona mediante pulsadores de marcha y paro. Además debe preverse la instalación de una seta para detener el circuito ante cualquier emergencia.

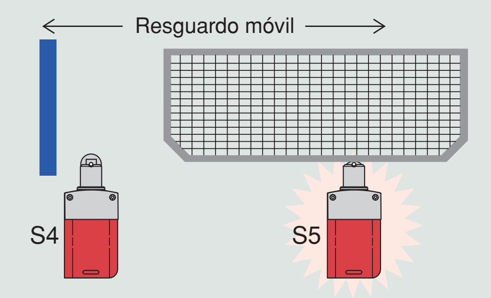
Se pide:

- Dibujar los esquemas de mando y fuerza para el arranque del motor cuando se cumpla la condición de que el resguardo esté cerrado
- Montar y probar el circuito sobre el panel de pruebas.





↑ **Figura 11.60.** Resguardo en posición de cerrado



↑ **Figura 11.61.** Resguardo en posición de abierto.

■ 5. Realiza la práctica del circuito anterior utilizando un módulo de seguridad para la supervisión de resguardos. Dibuja el circuito de mando con este dispositivo, móntalo sobre el panel de pruebas y comprueba su funcionamiento.

■ 6. Diseña y monta el circuito de la actividad 4 utilizando interruptores de seguridad sin contacto (magnéticos) y un módulo de seguridad específico para este tipo de interruptores.

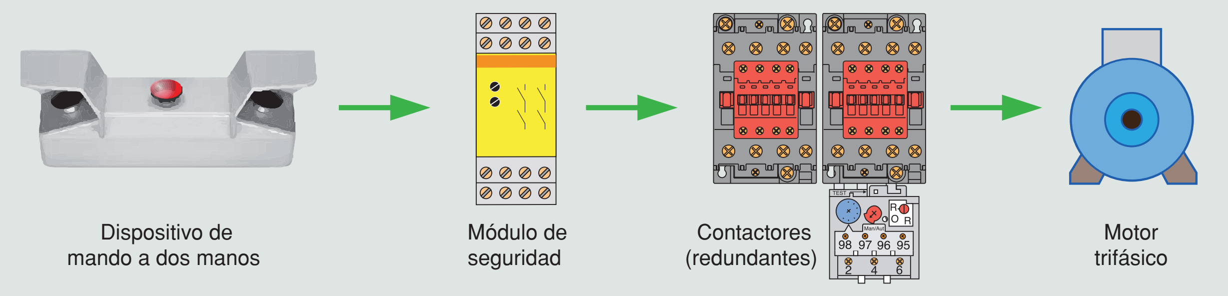
■ 7. Diseña y monta los circuitos de fuerza y mando del puente grúa visto en unidades anteriores, al cual se le ha dotado de dos finales de carrera de seguridad (S5 y S8) en ambos extremos de la máquina. La puesta en marcha, tanto en un sentido como en otro, y la parada se hacen mediante los pulsadores de la botonera. Las setas de emergencia desconectan el motor a través del circuito de mando.



← **Figura 11.61.** Puente grúa

■ 8. Utilizando un dispositivo de mando a dos manos y un módulo de seguridad para él, realiza sobre el panel de pruebas el montaje correspondiente para el control de un motor trifásico. Dibuja los esquemas de fuerza y mando, monta el circuito sobre el panel de pruebas y comprueba su funcionamiento.

Utiliza los manuales de fabricante para realizar la conexión de los diferentes aparatos que se utilizan en el montaje.



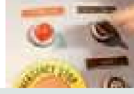
↑ **Figura 11.61.** Principales elementos del montaje.

entra en internet

■ 9. Localiza catálogos de módulos de seguridad y haz un listado de los más característicos.

■ 10. Descarga manuales de diferentes módulos de seguridad para la conexión de dispositivos de mando a dos manos y observa las similitudes y diferencias entre los diferentes fabricantes.

■ 11. Busca dispositivos de conmutación y vigilancia de seguridad (interruptores, barreras, etc.) que no aparezcan en esta unidad y haz un listado de los que te resulten más interesantes.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista
- Crimpadora de punteras

MATERIAL

- Panel de pruebas utilizado en las prácticas anteriores
- Bornes para raíl
- Un magnetotérmico tripolar
- Un magnetotérmico monopolar
- Cable de línea de 1,5 mm^2
- Cable de línea de 2,5 mm^2 + 1 m de hilo rígido de la misma sección
- Manguera de 3 + N + PE x 2,5 mm^2
- Manguera de 3 + PE x 2,5 mm^2
- Una botonera de superficie para cuatro elementos
- Un pulsador NA
- Un pulsador NC
- Una seta de emergencia
- Un pilotos para cuadro
- Dos contactores de seguridad con bobina a 230 V
- Un relé térmico
- Un motor trifásico de 400 V y de menos de 1 kW de potencia
- Tornillos y tirafondos
- Punteras para las secciones de cables antes nombradas

Arranque de un motor con sistema de contactores de seguridad redundante

OBJETIVO

Montaje de un sistema redundante de contactores de seguridad para el arranque de un motor trifásico de jaula de ardilla.

PRECAUCIONES

- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.
- Antes de comenzar el montaje, estudia detenidamente los esquemas que se encuentran la final de esta actividad.

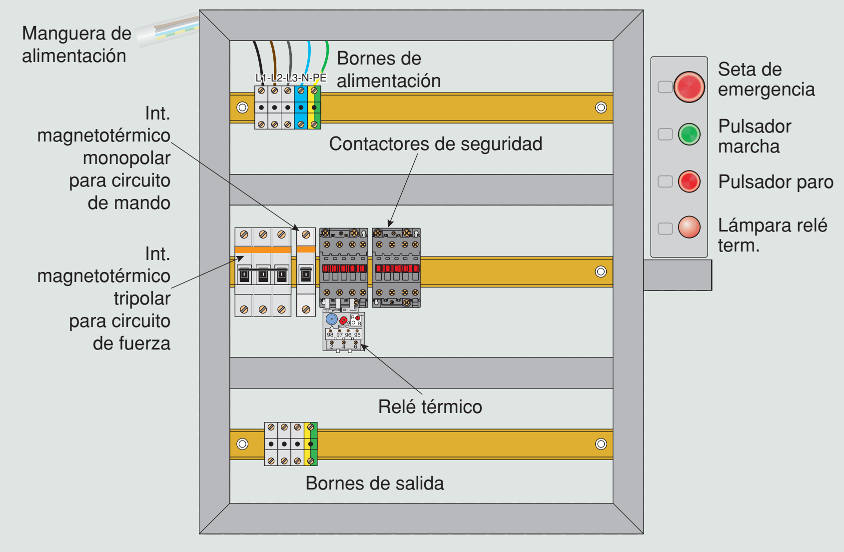
DESARROLLO

El circuito a montar debe arrancar el motor trifásico a través de dos contactores de seguridad conectados en serie en el circuito de fuerza. Si uno de los contactores no se activa, o deja de funcionar, el motor debe pararse.

1. Utilizando el panel de pruebas de otras actividades, retira todos los aparatos excepto los bornes de entrada y de salida.

2. Fija en el raíl central los interruptores magnetotérmicos (para la fuerza y el mando) y los dos contactores de seguridad.

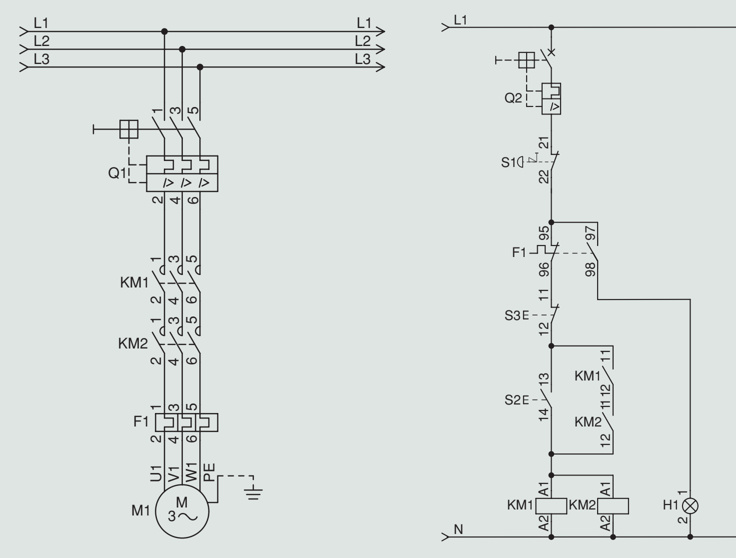
3. En la parte exterior de la canaleta vertical derecha, fija la botonera con sus pulsadores, la seta de emergencia y la lámpara del relé térmico.



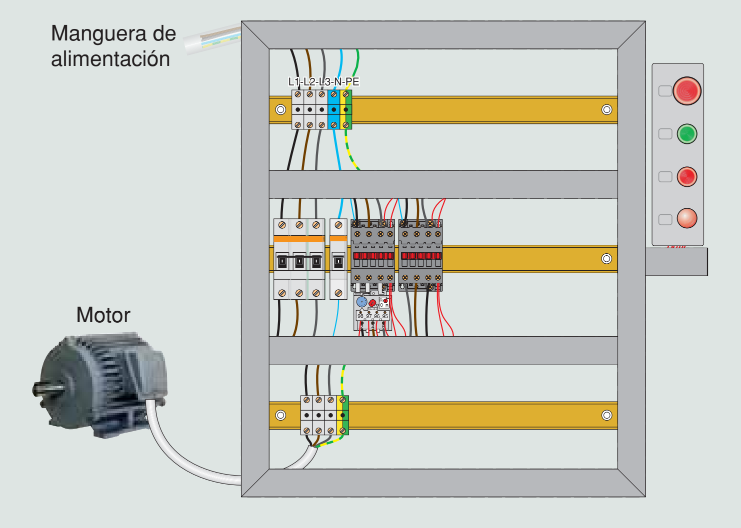
↑ **Figura 11.63.**



4. Dibuja los esquemas de fuerza y mando para el control del motor. En el circuito de mando, las dos bobinas de los contactores deben conectarse en paralelo, pro tanto, la realimentación debe hacerse don dos contactos abiertos, uno de cada contactor, conectado en serie entre sí y a su vez en paralelo con el pulsador de marcha.
5. Sobre el panel de pruebas, realiza el cableado de fuerza, con cable de 2,5 mm^2.
6. Haz lo mismo para el circuito de mando con el cable de 1,5 mm^2.
7. Conecta la manguera del motor a los bornes de salida
8. Con los interruptores magnetotérmicos en la posición de desconectados, conecta la manguera de alimentación a la red eléctrica.
9. Acciona los interruptores magnetotérmicos.
10. Pulsa el pulsador de marcha y comprueba que los dos contactores se activan y arranca el motor.
11. Acciona la seta de emergencia y comprueba que los contactores se desactivan y el motor se para.
12. Pulsa de nuevo el pulsador de marcha y acciona el botón de Test del relé térmico.
13. Comprueba que el motor se para y se enciende la lámpara de señalización.



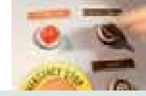
↑ **Figura 11.64.** Esquema de fuerza. ↑ **Figura 11.65.** Esquema de mando.



↑ **Figura 11.66.** Cableado y conexión del motor a los bornes de salida.

Prueba de seguridad

14. Con los magnetotérmicos en posición de desconectado, suelta el cable que alimenta el borne A1 de uno de los dos contactores.
15. Pon en él un borne o un par de vueltas de cinta aislante para evitar que el cobre toque cualquier parte del circuito.
16. Acciona los interruptores magnetotérmicos.
17. Pulsa marcha y comprueba que no se activa ninguno de los dos contactores.



MUNDO TÉCNICO

Seguridad funcional: nivel SIL

Debido al aumento de complejidad en los procesos actuales, cada vez es más frecuente que los sistemas de automatización se encarguen también de realizar tareas relevantes para la seguridad. Por tanto, resulta de máxima importancia que todos los dispositivos implicados en estas tareas no sufran fallos, ya que en caso contrario podría producirse un accidente. Se denomina Seguridad Funcional al correcto funcionamiento de estos dispositivos.

Existen varias normas de ámbito mundial, entre ellas la IEC 61508 y la IEC 61511, que desarrollan el concepto de Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), entendiendo como tal, el conjunto de sensores, unidades de procesamiento de seguridad y actuadores.

La función de un SIS es llevar el proceso a un estado seguro (parada total o parcial) ante determinadas condiciones inseguras.

Se define entonces el Nivel de Integridad de la Seguridad o nivel SIL (Safety Integrity Level), para un determinado SIS, como la probabilidad de que falle el sistema ante una necesidad de parada, o inversamente, la disponibilidad del equipo de seguridad cuando sea requerida su acción.

A mayor nivel SIL menor probabilidad de fallo y mayor disponibilidad del equipo.

La elección de un mayor o menor nivel SIL, lógicamente irá en función de la gravedad de los riesgos presentes en el proceso del que se trate. La norma indica distintos métodos para determinar este nivel.

En cuanto a las exigencias para cada uno de los niveles, se hace una distinción entre baja demanda (no superior a una vez al año) y alta demanda del sistema de seguridad (demanda superior a una vez al año).

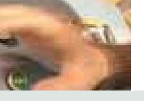
SIL	PROBABILIDAD DE FALLO	FALLO MÁXIMO ACEPTADO DEL SIS
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ a $< 10^{-1}$	Un fallo peligroso en 10 años
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ a $< 10^{-2}$	Un fallo peligroso en 100 años
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ a $< 10^{-3}$	Un fallo peligroso en 1.000 años
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$	Un fallo peligroso en 10.000 años

Valores límite de fallo para una función de seguridad que se hace operar en el modo de operación con nivel de demanda bajo.

SIL	PROBABILIDAD DE FALLO POR HORA	FALLO MÁXIMO ACEPTADO DEL SIS
SIL 1	$\geq 10^{-6}$ a $< 10^{-5}$	Un fallo peligroso en 100.000 horas
SIL 2	$\geq 10^{-7}$ a $< 10^{-6}$	Un fallo peligroso en 1.000.000 horas
SIL 3	$\geq 10^{-8}$ a $< 10^{-7}$	Un fallo peligroso en 10.000.000 horas
SIL 4	$\geq 10^{-9}$ a $< 10^{-8}$	Un fallo peligroso en 100.000.000 horas

Valores límite de fallo para una función de seguridad que se hace operar en el modo de operación con nivel de demanda alto o continuo.

Cuando consultes los catálogos de material de seguridad observarás que entre sus características se indica el nivel de seguridad que cumplen o para el que están destinados.



EN RESUMEN

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN AUTOMATISMOS INDUSTRIALES

- Dispositivos de parada de emergencia
  - Seta de emergencia e interruptor de tiro por cable
- Cerraduras secuenciales
  - Cerraduras de pestillo, cerraduras de acceso y cerraduras rotativas
- Dispositivos sensibles
  - Alfombras o tapices sensibles, barreras inmateriales, bordes sensibles, parachoques (bumper sensible), láser o escáner de seguridad
- Módulos de seguridad
- Dispositivo de mando a dos manos
- Pedales
- Interruptores de seguridad
  - De actuador separado, por bisagra, sin contacto, finales de carrera, de posición con retención, con comunicación AS-I y para zonas ATEX
- Contactores de seguridad
  - Seguridad por circuitos de fuerza redundantes
- Autómatas de seguridad

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. El dispositivo de mando a dos manos sirve para:

   ____

2. Los haces de luz infrarroja que se colocan alrededor de un robot o una máquina peligrosa, se llaman:

   a. Bordes sensibles.

   b. Barreras inmateriales.

   c. Tapices sensibles.

3. Un circuito redundante es aquel en el que______

   ____

4. Para controlar el contacto de un elemento móvil de una máquina con cualquier persona u objeto, utilizarías:

   a. Bordes sensibles.

   b. Barreras inmateriales.

   c. Tapices sensibles.

5. La resolución de una barrera inmaterial es:

   ____

6. Los autómatas de seguridad son unos autómatas especiales que no permiten realizar las mismas funciones que un autómata «normal».

   a. Verdadero.

   b. Falso.

7. En un módulo de seguridad, los bornes para el bucle de retorno se utilizan para:

   a. Dar tensión al módulo.

   b. Conectar la seta de emergencia, mando a dos manos, etc.

   c. Gestionar las bobinas de los contactos principales y los elementos de señalización.

   d. Conocer el estado de los contactores principales.

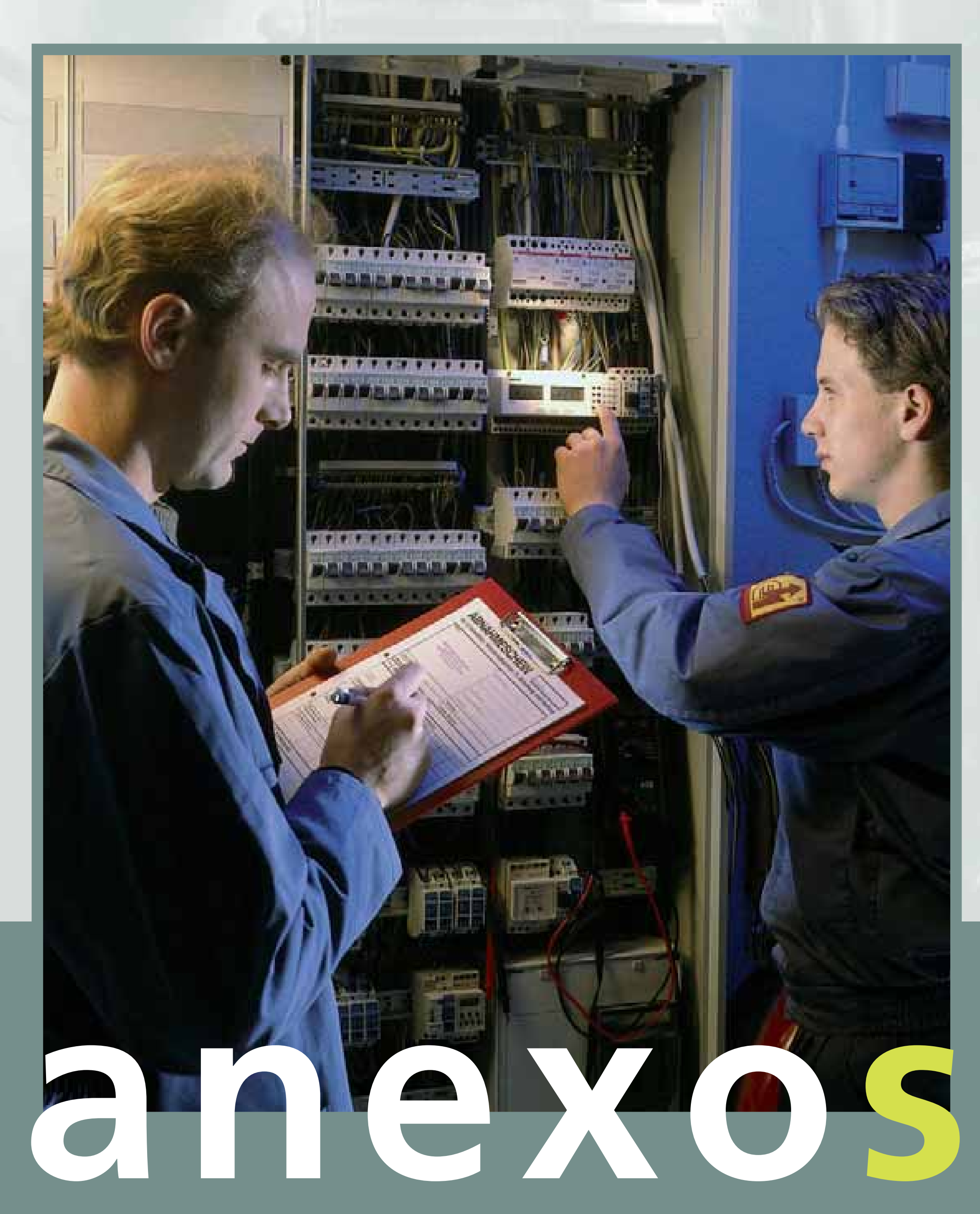
8. La particularidad que presentan los contactores de seguridad frente a los contactores normales es que:

   ____

A FICHAS DE **SEGURIDAD**

B **SIMBOLOGÍA** NORMALIZADA

C LOCALIZACIÓN DE **AVERÍAS**



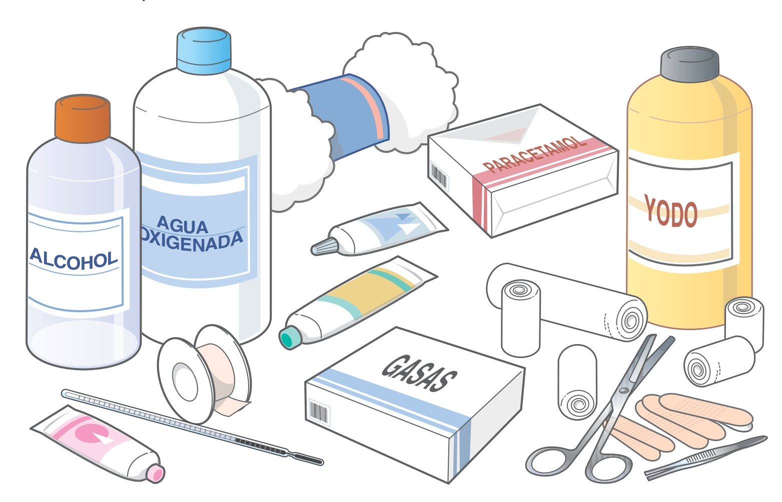
anexos

→

FICHAS DE **SEGURIDAD** A

LOS LUGARES DE TRABAJO
Objetivo
Conocer qué condiciones mínimas deben cumplir los locales de trabajo: constructivas, ambientales, orden, limpieza, primeros auxilios, etc.
Normativa
Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
Ideas clave

- **Lugar de trabajo:** aquellas áreas en las que permanece el trabajador con motivo de su trabajo, así como aquellas a las que puede acceder (comedores, salas de descanso, aseos, etc.).
- **Condiciones constructivas:** ofrecerán protección frente a resbalones, caídas, choques contra objetos, derrumbamientos, etc. y posibilitarán la rápida y segura evacuación en caso de emergencia.
- **Condiciones ambientales (calor, humedad, corrientes de aire, etc.):** no debe suponer un riesgo para la salud de los trabajadores, y en la medida de lo posible, tampoco constituirán una fuente de incomodidad para los trabajadores.
- **Iluminación:** deberá adaptarse a las características de la actividad efectuada, será iluminación natural siempre que sea posible, que será complementada con iluminación artificial cuando no se garanticen las condiciones de visibilidad. Hay establecidos niveles mínimos de iluminación en función de la naturaleza del lugar de trabajo.
- **Servicios higiénicos:** dispondrán de agua potable, vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, locales de aseo, con lavabo, agua caliente, jabón, etc. y duchas cuando la actividad realizada ocasione gran suciedad al trabajador, y retretes.
- **Lugares de descanso:** cuando la naturaleza de la actividad lo requiera, y dispondrán de medidas de seguridad para los no fumadores contra los riesgos derivados del tabaco.
- **Material y locales de primeros auxilios:**
  - Se dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, adecuado a la naturaleza de la actividad y al número de trabajadores, que será revisado y repuesto periódicamente.
  - Su ubicación garantizará la rapidez en la atención al accidentado.
  - Cuando el centro de trabajo tenga más de 50 trabajadores o más de 25 en el caso de que se dedique a actividades especialmente peligrosas, se dispondrá de un local destinado a primeros auxilios y atenciones sanitarias.
  - Tanto el material como el local de primeros auxilios deberá estar claramente señalizado.



↑ Diversos componentes de un botiquín.

A FICHAS DE **SEGURIDAD** (cont.)

ORDEN Y LIMPIEZA

Objetivo

Conocer las ideas básicas para mantener el puesto de trabajo en perfectas condiciones.

Normativa

Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Ideas clave

- Recuerda que un puesto de trabajo sucio y desordenado puede convertirse en un lugar peligroso, lleno de riesgos como cortes, golpes, caídas, pinchazos, etc.
- Mantén las zonas de paso, vías de circulación y salidas libres de obstáculos, especialmente aquellas previstas para evacuación en caso de emergencias.



↑ Escaleras y máquinas delante de las puertas de evacuación del taller.

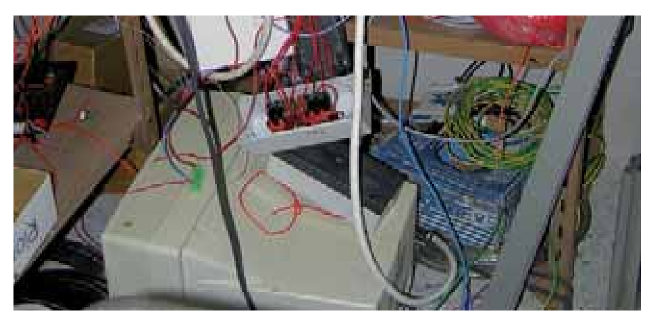


↑ Limpia los restos del material con una brocha o un cepillo del taller.



↑ Estantería que contiene multitud de herramientas sin ningún tipo de orden.

- Limpia periódicamente el lugar de trabajo, a fin de mantenerlo en las condiciones higiénicas adecuadas.
- Mantén limpias máquinas y herramientas.
- Mantén las herramientas ordenadas en estanterías, paneles o cajones, y cuando termines de utilizarlas vuelve a dejarlas en su sitio.
- Elimina inmediatamente desperdicios (conductores, recortes de chapa, tubos, canaletas, etc.) manchas de grasa, y demás residuos que puedan ocasionar accidentes en los recipientes adecuados.
- Los lugares de trabajo y sus instalaciones se someterán a un programa de mantenimiento periódico que garantice en todo momento su adecuada funcionalidad.



↑ Estanterías mal colocadas y diversos obstáculos en el suelo que dificulta el acceso a ellas. Riesgo de caídas o golpes con objetos.



↑ Mientras que estás trabajando puedes utilizar cajas o contenedores para almacenar los residuos. Cuando termines, tira lo que ya no sea necesario.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
Objetivo
Conocer los EPI que utilizarás el montaje de instalaciones de automatismos.
Normativa
Real Decreto 1407/1992. Comercialización y libre circulación intracomunitaria de los EPI. Real Decreto 773/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización de EPI por los trabajadores.
Ideas clave
• Se utilizan EPI cuando se hayan agotado todas las vías alternativas de protección y como medida complementaria. • El empresario tiene que determinar los puestos de trabajo en los que se necesiten EPI y suministrarlos de manera gratuita a sus trabajadores, velando por su correcta utilización. Informará a los trabajadores de los riesgos contra los cuales le protege y de las actividades en las que deben utilizarlos. • Deben tener el marcado CE y un folleto informativo sobre la correcta utilización y conservación del equipo. Están destinados a uso personal. • Los trabajadores utilizarán el equipo adecuadamente, lo colocarán en el lugar indicado después de su utilización, e informarán de inmediato a su superior jerárquico de cualquier defecto o anomalía que detecten en él.
Algunos EPI utilizados en el montaje de automatismos
• **Protectores oculares y faciales:** protegen los ojos y la cara. Póntelas siempre que utilices taladros, limadoras, etc. • **Protectores auditivos:** protegen tus oídos de ruidos molestos derivados de la utilización de determinadas máquinas, así como de la penetración de polvo en el canal auditivo. • **Calzado de seguridad:** protegen tus pies contra golpes producidos por caída de herramientas u otros objetos. Además, los electricistas suelen utilizar botas con protección contra choques eléctricos. • **Guantes de seguridad:** protegen tus manos de cortes, magulladuras, raspones, etc. Además, cuando estés trabajando en instalaciones con tensión, te protegerán también de choques eléctricos. • **Mascarillas:** si el trabajo que estás realizando genera mucho polvo, no estaría de más que te colocases una mascarilla, que protegerá tus vías respiratorias. • **Cascos:** protege tu cabeza de la caída de objetos. Además también existen cascos con protección eléctrica.

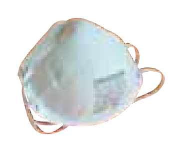




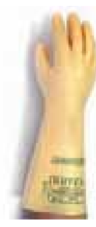
↑ Gafas de montura universal y gafas de montura integral (PROLAB SL) y pantalla facial (SW).



← Botas de seguridad con características dieléctricas (FERRUXE-ZELTIA, S.L.).



↑ Mascarilla para protección contra polvo (MSA).

← Guantes de protección contra riesgos mecánicos, como cortes, golpes,etc. (BIL-VEX) y guantes dieléctricos (HUTEX).




↑ Tapones autoexpansibles (3M), orejeras de protección auditiva que bloquean el ruido dañino, pero permite oír a los compañeros y otras señales sonoras, posee además propiedades dieléctricas (BILSOM).

→

A FICHAS DE SEGURIDAD (cont.)

HERRAMIENTAS MANUALES

Objetivo

Conocer las principales características de las herramientas manuales, y las precauciones que hay que tener en su utilización.

Normativa

Real Decreto 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Ideas clave

- Estarán construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme. Sus mangos o empuñaduras deberán ser de dimensiones adecuadas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas, y aislantes en caso necesario. Para asegurarnos de que cumplen todo esto se adquirirán herramientas con marcado CE.
- Serán de buena calidad y serán revisadas y/o mantenidas adecuadamente cuando sea necesario. Cuando estén en mal estado serán retiradas del uso.
- Se informará a los trabajadores de la utilización de las herramientas, de los riesgos derivados de su uso, y de las medidas de protección que deben utilizar.
- Utiliza la herramienta adecuada y con el tamaño apropiado a la operación que vas a realizar: no golpees con el mango de una llave, ni hagas palanca con un destornillador, por ejemplo.
- Comprueba su perfecto estado antes de utilizarla: el mango no está suelto, no tiene astillas, no está oxidada, etc.
- Cuando vayas a trabajar en altura, las herramientas que no estés utilizando sujétalas mediante una cartera fijada en la cintura o en una bolsa tipo bandolera. Nunca en los bolsillos.
- Guarda las herramientas ordenadas, limpias y en un lugar seguro, siempre con la punta o filo protegidos.

Herramientas más usuales

- **Destornilladores:** tienen que ser adecuados a la cabeza del tornillo que se va a utilizar, tanto en tamaño, como forma, sino puedes dañar la cabeza del tornillo o el propio destornillador. También es posible que el destornillador resbale y nos dañe las manos.
- **Alicates:** diseñados para sujetar, doblar y cortar. No los utilices para golpear ni para aflojar tuercas o tornillos, pues podrían resbalar y golpearte las manos.
- **Llaves de boca fija:** diseñadas para actuar sobre una tuerca o tornillo con medida específica. Es importante que la llave encaje perfectamente en la tuerca o tornillo. Haz siempre fuerza girando hacia ti, nunca empujes. Cuidado con que los nudillos no se golpeen en ningún objeto adyacente.



↑ Aislamiento en mal estado.



↑ No uses un alicate para aflojar tuercas.



↑ Coloca la llave perpendicular al tornillo.

- **Martillos:** el accidente más frecuente es el desprendimiento de la cabeza del mango cuando se va a golpear. Es muy importante que lo compruebes antes de su utilización. Sujétalo con las dos manos lo más lejos posible de la cabeza, para evitar golpearte con el objeto que estés trabajando.



↑ Mango suelto.



↑ Mango en mal estado.

- **Sierras:** las sierras deben transportarse siempre con la funda de protección colocada sobre la hoja, ya que en su manipulación podríamos cortarnos. La pieza que vamos a trabajar debe estar firmemente sujeta.



↑ Sujeta la sierra por el mango. Fija bien la pieza.



↑ La sierra se inclina hacia adelante.



↑ No apoyes la pieza sobre tu cuerpo.

- **Limas:** utiliza la lima adecuada para el material que vas a trabajar y el acabado deseado. No la utilices si el mango no está liso, tiene grietas o ni siquiera tiene mango. Tampoco para golpear ni como palanca.



↑ Mango agrietado.



↑ Lima rota.



↑ No golpees.

- **Herramientas manuales eléctricas:**
  - No las utilices nunca sin toma de red eléctrica (sin enchufe).
  - Desconecta la herramienta de la red para cambiar el útil, esperando a que esté parada.
  - Manéjalas siempre siguiendo las instrucciones del fabricante.
  - No quites los resguardos de seguridad.
  - Utiliza protección ocular.
  - Controla el tiempo de funcionamiento para evitar calentones excesivos o rotura del útil.

→

A FICHAS DE **SEGURIDAD** (cont.)

ESCALERAS MANUALES
Objetivo
Conocer las pautas de utilización de las escaleras manuales.
Normativa

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- UNE-EN 131-1:1994. Escaleras. Terminología, tipos y dimensiones funcionales.
- UNE-EN 131-2: 1994. Escaleras. Requisitos, ensayos y marcado.

Ideas clave

- Utiliza las escaleras siguiendo las indicaciones del fabricante. No utilices nunca escaleras de construcción improvisada, ni las escaleras dobles como simples, ni para transportar objetos, ni como base de un andamiaje.
- Asegura la estabilidad de la escalera antes de usarla, la base de apoyo debe ser sólida y nunca se colocará sobre elementos inestables.
- Existen varios tipos de zapatas para el apoyo correcto de la escalera en el suelo: antideslizantes para suelos muy resbaladizos, ajustables para suelos inclinados, etc.
- Coloca las escaleras simples formando un ángulo aproximado de 75º con la horizontal, inclinaciones mayores podrían provocar el vuelco de la escalera hacia atrás.
- Asegúrate antes de subir de que tienes los zapatos limpios de grasa, barro o cualquier otra sustancia que pudiera resultar deslizante.
- Si la escalera fuese de madera comprueba que los peldaños están correctamente ensamblados.
- Coloca la escalera alejada de elementos móviles que puedan derribarla y fuera de zonas de paso. Si es necesario que la coloques delante de una puerta deberás bloquearla y señalizarla.
- Sube, baja y trabaja siempre de frente a la escalera. Nunca asomes el cuerpo por los laterales de la escalera, desplázala siempre que sea necesario.
- Nunca dejes herramientas colocadas sobre los peldaños. Recuerda que debes llevar una cartera o bandolera para guardar las herramientas.
- Asegúrate de que nadie pasa por debajo de la escalera cuando estás trabajando.
- Si la escalera es de tijera, asegúrate de que el tensor está completamente extendido. No pases de un lado a otro por encima de la escalera y no trabajes nunca «a caballo».
- Súbete solo a la escalera. Nunca debéis subiros dos personas a la vez.
- Revisa las escaleras periódicamente: mantenlas limpias de grasa o cualquier otra sustancia que pudiese resultar resbaladiza, revisa peldaños, zapatas, etc, y repáralos o sustitúyelos en caso necesario.
- Cuando tengas que transportar la escalera, hazlo plegada, y con los tramos extensibles, si los tuviera, recogidos. Apóyala sobre el hombro sobre su parte media y coloca la parte delantera hacia abajo.



↑ Normas de utlización del fabricante impresas en la escalera.

SEGURIDAD EN MÁQUINAS

Objetivo

Conocer los requisitos que deben cumplir las máquinas, así como algunas pautas de utilización.

Normativa

Real Decreto 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.

Ideas clave

- Todas las máquinas deben tener marcado CE y un manual de instrucciones redactado en castellano.
- Deberán llevar las señalizaciones y advertencias necesarias, relativas al funcionamiento de la máquina y a la obligatoriedad de utilizar equipos de protección.
- Los órganos de accionamiento deben ser visibles y claramente identificables, y la puesta en marcha solo podrá tener lugar como resultado de una acción voluntaria sobre el órgano de accionamiento correspondiente.
- Tendrán un órgano de accionamiento (por ejemplo pulsador de seta rojo) que permita la parada total de la máquina en condiciones de seguridad, teniendo este prioridad sobre el de marcha.



↑ Marcado de funcionamiento, EPI y CE.



↑ Pulsadores de marcha y paro.



↑Seta de emergencia.

- Si fuese necesario, la máquina será fijada para evitar que se caiga o se desplace.
- Si los elementos móviles de la máquina suponen un riesgo para la salud de los trabajadores, estos se protegerán por medio de resguardos que impidan su acceso cuando la máquina está funcionando.



← Si no fijas la máquina al banco de trabajo, es posible que se desplace e incluso que se caiga.



← Resguardo: impide la proyección de partículas mientras la máquina está funcionando. También impide el acercamiento accidental al punto de la máquina.

- Nunca quites ni anules ningún dispositivo de protección o resguardo que posea la máquina.
- La zona en la que se encuentre la máquina debe estar correctamente iluminada.
- Deberás recibir la formación adecuada relativa al funcionamiento de la máquina, posibles riesgos y medidas de protección a utilizar.
- Te recomendamos que cuando trabajes con máquinas no lleves ropas holgadas, pelo suelto, cadenas, pulseras o cualquier otro elemento que pudiera engancharse en la parte móvil de la máquina.
- Si tienes que limpiar o retirar residuos de una zona cercana a un punto peligroso, hazlo con la máquina parada.
- No sometas nunca a una máquina a un esfuerzo superior que aquel para el que está diseñada.

→

A FICHAS DE **SEGURIDAD** (cont.)

RIESGO ELÉCTRICO

Objetivo

Conocer los procedimientos de trabajo cuando actúes directamente sobre instalaciones eléctricas.

Normativa

- REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Ideas clave

- Siempre que realices un trabajo sobre una instalación eléctrica deberás hacerlo sin tensión, salvo algunas excepciones.
- Para la operación de «supresión de la tensión» primero deberás identificar perfectamente la zona de la instalación sobre la cual vas a trabajar y después efectuar las cinco operaciones siguientes comúnmente denominadas cinco reglas de oro (salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma):
  1. Desconecta la parte de la instalación sobre la que vas a trabajar de todas las posibles fuentes de tensión. Esta operación generalmente consiste en abrir el o los interruptores correspondientes. El estado del interruptor debe ser claramente identificable.
  2. Bloquea la alimentación para asegurarte de que nadie la activa mientras tú te encuentras trabajando en la instalación. Para ello, puedes por ejemplo, quitar los fusibles, o cerrar con llave el cuadro de mando. Además puedes colocar una señal en dicho cuadro que indique que hay personal trabajando sobre la instalación.
  3. Comprueba la ausencia de tensión en la zona en la que vas a trabajar mediante un detector de tensión o un polímetro.
  4. Pon a tierra y en cortocircuito la instalación en aquellos casos en que las fuentes de alimentación pudieran ponerse en tensión de manera accidental, bien por fenómenos de inducción o por cualquier otra razón. En las instalaciones habituales que tú vas a realizar, generalmente esta operación no se hace, ya que no es fácil una conexión fortuíta de las fuentes de tensión.
  5. Delimita y señaliza la zona en la que vas a trabajar utilizando vallas o cintas, para indicar que en esa zona solo puedes entrar tú y las personas con permiso para realizar ese trabajo eléctrico.
- Hasta que no hayas realizado las cinco operaciones, deberás actuar en todo momento como si en la instalación hubiese tensión, utilizando los equipos de protección individual necesarios y las herramientas adecuadas.
- Y si desafortunadamente presencias un accidente eléctrico, lo más importante es cortar la circulación de corriente por el accidentado cuanto antes, para ello:
  – Intenta desconectar la alimentación de la instalación o del equipo inmediatamente.
  – Si esto no es posible, debes intentar separar al accidentado del punto de contacto eléctrico. Para ello, lo primero que debes hacer es PROTEGERTE TÚ, ya que si no también podrías quedarte «pegado» a la instalación. Si tienes a mano guantes o cualquier otro material aislante póntelo, aíslate del suelo mediante una alfombra aislante o una banqueta, y si es posible utiliza una pértiga aislante para intentar separar a la persona de la instalación.
  – Si no dispones de ninguno de estos elementos intenta separar al accidentado de la corriente utilizando un palo de madera, plástico o cualquier otro elemento no conductor que encuentres (nunca metálico). Llama cuanto antes a los servicios de atención médica.

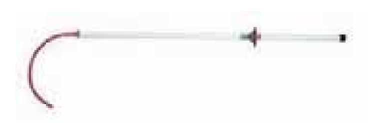




↑ Banqueta aislante (PRESEL).



↑ Alfombra aislante (SOFAMEL).



↑ Pértiga de salvamento (PRESEL).

INCENDIOS DE ORIGEN ELÉCTRICO

Objetivo

Conocer algunas precauciones que debes tener en cuenta a la hora de montar y mantener las instalaciones eléctricas.

Normativa

Real Decreto 842/2002: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Ideas clave

- Sigue cuidadosamente todas las prescripciones indicadas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- En el momento del diseño de la instalación:
  - Elige adecuadamente las secciones de todos los conductores así como de sus envolventes, según la potencia prevista, con el fin de no superar nunca la máxima intensidad admisible. Si la sección es insuficiente se producirá un calentamiento excesivo del conductor, la destrucción del aislante y el consiguiente riesgo de incendio.
  - Realiza las conexiones entre conductores en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Estas deben permitir alojar holgadamente todos los conductores que deben contener. Realiza la unión entre conductores utilizando bornes de conexión.
  - Coloca todos los dispositivos de protección necesarios (interruptor general automático, interruptor diferencial, PIA, puesta a tierra, etc.) correctamente dimensionados.
  - En los locales de pública concurrencia (cines, teatros, etc.) tienes que utilizar conductores no propagadores del incendio.


NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA
UNE-EN 50625
IEC 60332-1


NO PROPAGACIÓN DEL INCENDIO
UNE-EN 50266
IEC 60332-3


BAJA OPACIDAD DE LOS HUMOS EMITIDOS
UNE-EN 61034-2
IEC 61034


BAJA EMISIÓN DE HUMOS TÓXICOS
UNE-EN 50267-2-2 Y 2-3
IEC 60754-2


LIBRE DE HALÓGENOS
UNE-EN 50267-2-1
IEC 60754-1

← Algunos pictogramas identificativos de distintas características de los cables (General Cable).

- A la hora de diseñar el cuadro eléctrico, se tiene que garantizar que se produce una adecuada refrigeración del mismo para evitar temperaturas excesivas. Algunos cuadros tienen aberturas o ranuras para que se produzca una ventilación natural. Si con esto no es suficiente tendrás que recurrir a equipos de ventilación o climatización.
- Cuando estés montando los elementos del cuadro respeta la distancia de seguridad entre los distintos aparatos indicada por el fabricante.
- Debes tener en cuenta que en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se hace una clasificación de locales con riesgo de incendio o explosión. Las características que tienen que cumplir las instalaciones eléctricas en este tipo de emplazamientos están reguladas en la ITC-29, y son más estrictas que en una instalación normal.
- Cuando la instalación se encuentre ya en funcionamiento:
  - No sobrecargues ninguna toma de tensión con excesivos receptores.
  - Revisa periódicamente el estado de las conexiones y de los conductores, para asegurarte de que el aislamiento está en perfecto estado.
  - Comprueba el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección, y asegúrate de que no hay ninguno puenteado o anulado.
  - Existen equipos especiales que detectan los «puntos calientes» de la instalación por termografía (distintas temperaturas representadas con distintos colores) permitiendo detectar posibles fallos antes de que se produzca un accidente.
- Y en el caso de que incendio ya se haya producido:
  - No utilices nunca agua para apagarlo, recuerda que el agua es conductora y solo conseguirías agravar la situación.
  - Utiliza el extintor indicado para fuegos eléctricos.
  - Intenta desconectar el interruptor automático.

A FICHAS DE SEGURIDAD (cont.)

SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

Objetivo

Conocer el significado de las señales más frecuentes para que puedas identificarlas correctamente y actuar en consecuencia.

Normativa Real Decreto 485/1997

Real Decreto 485/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

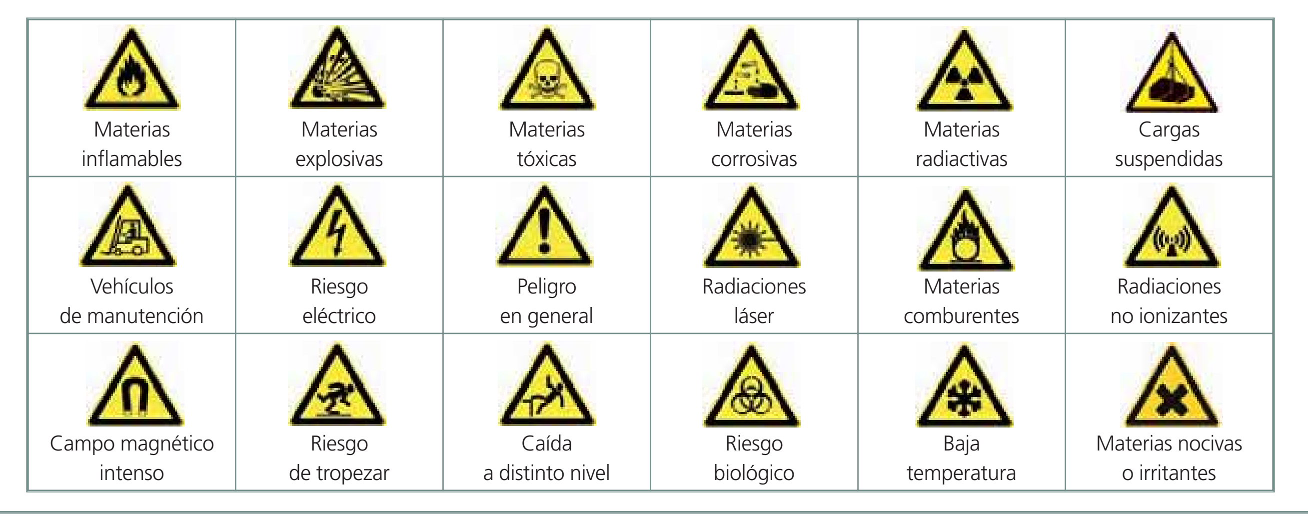
Ideas clave

- Señalización de seguridad es el conjunto de estímulos (visuales y/o sonoros) que pretenden:
  - Llamar la atención de los trabajadores sobre determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
  - Alertar ante una situación de emergencia.
  - Identificar la localización de vías de evacuación, primeros auxilios, etc.
  - Orientar a los trabajadores que realicen determinadas tareas peligrosas.
- Puedes encontrar distintos tipos de señales: señales en forma de panel, señales luminosas (balizas, rotativas…), señales acústicas (pitidos, sirenas…), comunicación verbal (voz humana), señales gestuales (movimientos de manos o brazos).
- En las señales de panel tiene lugar una combinación entre los llamados «colores de seguridad» y la forma de la señal, cuyo significado es el siguiente:

Forma y color	Significado
●	Prohibición
■	Primeros auxilios
▲	Cuidado, Peligro
●	Obligación
■	Lucha contra incendios

A continuación te mostramos las señales de panel más frecuentes que te vas a encontrar:

- **Señales de advertencia:**



Materias inflamables	Materias explosivas	Materias tóxicas	Materias corrosivas	Materias radiactivas	Cargas suspendidas
Vehículos de manutención	Riesgo eléctrico	Peligro en general	Radiaciones láser	Materias comburentes	Radiaciones no ionizantes
Campo magnético intenso	Riesgo de tropezar	Caída a distinto nivel	Riesgo biológico	Baja temperatura	Materias nocivas o irritantes

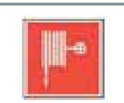
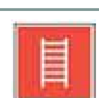
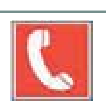
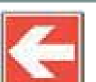
- **Señales de prohibición**

							
Prohibido fumar	Prohibido fumar y encender fuego	Prohibido pasar a los peatones	Prohibido apagar con agua	Agua no potable	Entrada prohibida a personas no autorizadas	Prohibido a los vehículos de manutención	No tocar

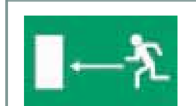
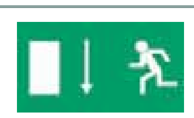
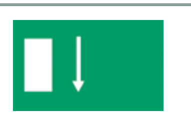
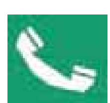
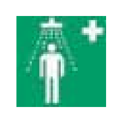
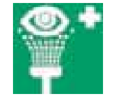
- **Señales de obligación**

 Protección obligatoria de la vista	 Protección obligatoria de la cabeza	 Protección obligatoria del oído	 Protección obligatoria de las vías respiratorias	 Protección obligatoria de los pies
 Protección obligatoria de las manos	 Protección obligatoria del cuerpo	 Protección obligatoria de la cara	 Protección individual obligatoria contra caídas	 Vía obligatoria para peatones

- **Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios**

							
Manguera para incendios	Escalera de mano	Extintor	Teléfono para la lucha contra incendios	Dirección que debe seguirse (señal indicativa adicional a las anteriores)			

- **Señales de salvamento o socorro**

    Vía / Salida de socorro			
 Teléfono de salvamento y primeros auxilios			
 Primeros auxilios	 Camilla	 Ducha de seguridad	 Lavado de ojos

B SIMBOLOGÍA NORMALIZADA

Designación de las corrientes

Corriente alterna

Corriente continua

Corriente ondulada o rectificada

Corriente alterna trifásica 50 Hz — 3 ~ 50 Hz

Puesta a tierra

Puesta a masa

Tierra de protección

Designación de los conductores

Conductor, circuito auxiliar

Conductor, circuito principal

Haz de 3 conductores — L1 L2 L3

Representación unifilar

Conductor neutro — N

Conductor de protección — PE

Conductores blindados (apantallados)

Conductores trenzados

Contactos

Contacto cierre NA (símbolo general)
1) principal
2) auxiliar

Contacto apetura NC (símbolo gral.)
1) principal
2) auxiliar

Interruptor (símbolo general)

NA = normalmente abierto. NC = normalmente cerrado.

Contactos

Seccionador

Contactor

Ruptor

Disyuntor

Guardamotor

Interruptor seccionador

Interruptor seccionador con apertura automática

Seccionador fusible

Contacto de dos direcciones sin solapado (apertura antes que el cierre)

Contactos de dos direcciones solapados

Contactos de dos direcciones con un punto central en posición de apertura

Contactos representados en posición «accionado» — NA NC

Contactos (cont.)

Contacto adelantado: actúa antes que los otros contactos de un mismo conjunto — NA NC

Contacto retardado: actúa más tarde que los otros contactos de un mismo conjunto — NA NC

Contacto de paso
– cierre momentáneo al trabajo

– cierre momentáneo al reposo

Contacto nomamente abierto de posición

Interruptor de posición — NA NC

Contacto temporizado al trabajo — NA NC

Contacto temporizado al reposo — NA NC

Órganos de mando o de medida

Mando electromagnético (símbolo general)

– de 2 arrollamientos

– representación desarrollada

– de acción retardada

– de reposo retardado

– de un relé de remanencia

– de enclavamiento mecánico

NA = normalmente abierto. NC = normalmente cerrado.

– de un relé polarizado

– de corriente alterna

– de un relé intermitente

– de un relé de impulso

– de acción y reposo retardados

Relé de medida o dispositivo semejante (símbolo general)

– de sobreintensidad de efecto magnético

– de sobreintensidad de efecto térmico

– de sobreintensidad de efecto magnetotérmico

– de máxima intensidad — *I* >

– de máxima tensión — *U* >

– de mínima tensión — *U* <

– a falta de tensión — *U*=*O*

– accionado por la frecuencia — *f*

– accionado por el nivel de fluido

– accionado por un número de sucesos

– accionado por la presencia de un caudal

– accionado por presión — *p*

B SIMBOLOGÍA NORMALIZADA (cont.)

Mandos mecánicos

1) Enlace mecánico largo
2) Enlace mecánico corto

Dispositivo enganche

– retenido

– liberado

Retomo automático

Retorno no automático

– enganchado

Enclavamiento mecánico

Bloqueo

Mando mecánico manual (símbolo general)

– por pulsador (retorno automático)

– por tirador (retorno automático)

– rotativo (de enganche)

– de seta

– por volante

– por pedal

– de acceso restringido

– por palanca

– por palanca con maneta

– por llave

– por manivela

– por pulsador con desenganche automático

Mando

– por roldana

– por palanca y roldana

–por motor eléctrico

Traslación

– hacia la derecha

– hacia la izquierda

– en ambos sentidos

Rotación

– sentido directo

– sentido inverso

– en ambos sentidos

– limitada en ambos sentidos

Mandos eléctricos

Mando por roce

– sensible a la proximidad de un imán

– sensible a la proximidad de un imán

– sensible a la proximidad del hierro

Otros tipos de mando

Neumático o hidráulico
– de simple efecto

– de doble efecto

Materiales o elementos diversos			
Fusibles		Arrancador estrella-triángulo	
Fusible con percutor		Aparato indicador (símbolo general)	
Rectificador		– amperímetro	A
Puente rectificador		Aparato registrador (símbolo general)	
Tiristor		– amperímetro registrador	A
Condensador		Contador	
Pila o acumulador		– amperios/hora	Ah
Resistencia		Freno (símbolo general)	
Shunt		– con freno bloqueado	
Inductancia	L	– con freno liberado	
Potenciómetro		Válvula	
Varistancia	U	Electro-válvula	
Fotorresistencia		Reloj	
Fotodiodo		Contador de impulsos	
Fototransistor (tipo PNP)		Detector sensible al roce	
Transformador de tensión		Detector de proximidad	
Autotransformador		Detector de proximidad inductivo	
Transformador de intensidad		Detector de proximidad capacitivo	
Limitador de sobretensiones		Detector fotoelectrónico sistema réflex	
Pararrayos			
Arrancador			

B SIMBOLOGÍA NORMALIZADA (cont.)

Señalización

Lámpara de señalización o de alumbrado

Dispositivo luminoso intermitente

Si se desea precisar el color

- rojo C2
- naranja C3
- amarillo C4
- verde C5
- azul C6
- blanco C9

C2

Si se desea precisar el tipo:

- neón .... Ne
- vapor de sodio .... Na
- mercurio .... Hg
- yodo.. I
- electroluminiscente .... EL
- fluorescente .... FL
- infrarrojo.................................. IR
- ultravioleta .... UV

Bocina, claxon

Timbre

Sirena

Zumbador

Bornes y conexiones

Derivación

Doble derivación

Cruce sin conexión

Borne de conexión móvil

Borne de conexión fija

Bornero de conexión (regleta terminal)

11 12 13 14

11 12 13 14

Conexiones por contacto deslizante

Clavija macho

Toma hembra

Clavija y toma asociada

Conectores acoplados
1) parte móvil, macho
2) parte fija, hembra

2

Máquinas eléctricas giratorias

Motor asíncrono trifásico
- de jaula

U V W M 3~

- de 2 arrollamientos estatóricos separados

U V W M 3~ U2 V2 W2

- de 6 bornas de salida (acoplamiento estrella-triángulo)

U1 V1 W1 W2 U2 V2

- de polos conmutables (motor de 2 velocidades)

U1 V2 V1 W1 W2 U2

Motor asíncrono trifásico, motor de anillos

U V W M 3~ K L M

Motor de imán permanente

A1 M A2

Generatriz de corriente alterna

U1 G ~ U2

Generatriz de corriente continua

A1 G A2

Conmutatriz (trifásica/continua) con excitación en derivación

U V W 3~ G A1 A2

Motor de corriente continua con excitación independiente

A1 M A2 F1 F2

Motor de corriente continua con excitación compuesta

A1 G D2

Motor de corriente continua con excitación en serie

A1 M D2

DESIGNACIÓN DE APARATOS Y SUS COMPONENTES (DIN 40.719)

Cada aparato y sus componentes se designan en los planos de los circuitos principales y de mando por:
– Una primera letra que indica el tipo de aparato (véase cuadro siguiente).
– Un número ordinal para distinguir entre dos aparatos y/o funciones del mismo tipo.
– Una segunda letra que indica la función general que desempeña el aparato (véase cuadro de parte inferior).

Designación del tipo de aparato	Letra	Tipo de aparato	Ejemplo
	A	Grupos constructivos, partes de grupos constructivos.	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos.
	B	Convertidores de magnitudes no eléctricas a magnitudes eléctricas, y al contrario.	Transductores, sondas termoeléctricas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales piezoeléctricos, micrófonos, altavoces, aparatos de campo giratorio.
	C	Condensadores.	—
	D	Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios.	Conductores de retardo, elementos de enlace, elementos monoestables y biestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cinta magnética.
	E	Diversos.	Instalaciones de alumbrado, calefacción y otras no indicadas.
	F	Dispositivos de protección.	Fusibles, descargador de sobretensión, relés protección, disparador.
	G	Generadores.	Generadores rotativos, transformadores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores.
	H	Equipos de señalización.	Aparatos de señalización ópticos y acústicos.
	K	Relés, contactores.	Relés auxiliares, intermitentes y de tiempo: contactores de potencia y auxiliares.
	L	Inductividad.	Bobinas de reactancia.
	M	Motores.	—
	N	Amplificadores, reguladores.	Circuitos integrados.
	P	Aparatos de medida, equipos de pruebas.	Instrumentos de medición, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes.
	Q	Aparatos de maniobra para altas intensidades.	Interruptores de potencia y de protección, seccionadores, interruptores automáticos, seccionadores bajo carga con fusibles.
	R	Resistencias.	Resistencias, potenciómetros, reostatos, *shunts*, resistencias en derivación, termistores.
	S	Interruptores, selectores.	Pulsadores, interruptores de posición y mando, conmutador-selector, selectores rotativos, adaptadores selectores, emisores de señales.
	T	Transformadores.	Transformadores de tensión y de intensidad, transmisores.
	U	Moduladores, convertidores.	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores, convertidores inversores, variadores, onduladores.
	V	Válvulas, semiconductores.	Válvulas de vacío y descarga en gases, diodos, transistores, tiristores.
	W	Vías de conducción, guiaondas.	Hilos de conexión, cables, guiaondas, acoplamientos dirigidos por guiaondas, dipolos, antenas parabólicas.
	X	Bornes, clavijas, enchufes.	Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de prueba, regletas de bornes, regletas de soldadura.
	Y	Equipos eléctricos accionados mecánicamente.	Frenos, embragues, válvulas.
	Z	Equipos de compensación, filtros, limitadores.	Circuitos para imitación de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal.

Funciones generales	Letra	Tipo de función	Letra	Tipo de función	Letra	Tipo de función
	A	Función auxiliar	J	Integración	S	Memorizar, registrar, grabar
	B	Dirección de movimiento	K	Servicio pulsante	T	Medida de tiempo, retardar
	C	Contar	L	Designación de conductores	V	Velocidad (acelerar, frenar)
	D	Diferenciar	M	Función principal	W	Sumar
	E	Función «conectar»	N	Medida	X	Multiplicar
	F	Protección	P	Proporcional	Y	Analógica
	G	Prueba	Q	Estado (marcha, parada, limitación)	Z	Digital
	H	Señalización	R	Reposición, borrar		

→

C LOCALIZACIÓN DE **AVERÍAS**

A continuación se muestran varios ejemplos de localización de posibles averías que se pueden producir en los automatismos eléctricos. Se ha tomado como base el circuito para el arranque de un motor trifásico de jaula de ardilla con pulsadores de marcha y paro, pero lo aquí expuesto puede servir de guía para la localización de fallos en circuitos más complejos.

Ejemplo 1. El contactor se activa pero el motor no arranca o arranca con dificultad

Lo que se puede descartar:

- Que el fallo esté en el circuito de mando, ya que se activa la bobina del contactor.
- Que no hay tensión en la alimentación del circuito.

Por dónde buscar:

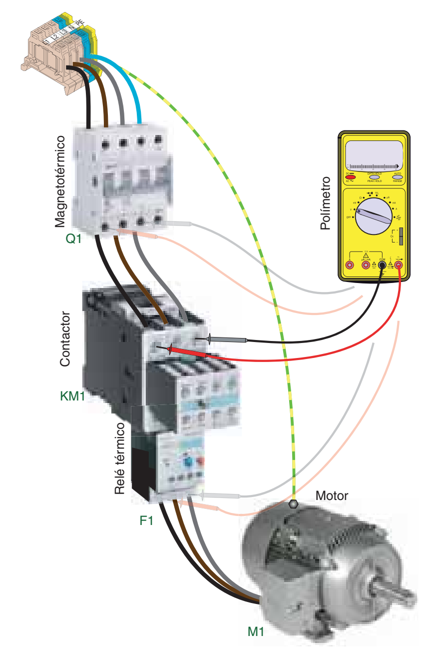
- Ya que el circuito de mando funciona, se debe localizar la avería sobre el circuito de fuerza.

Cómo proceder:

- Con el contactor activado y utilizando un polímetro con el selector en la posición de medida de tensión de corriente alterna, se comprueba si existe tensión entre las tres fases de salida de los diferentes dispositivos que intervienen en el circuito de fuerza. En aquel que no se obtenga tensión y si en el anterior, es muy posible que sea el elemento que tiene el problema.

Lo que puede fallar:

- Uno o más contactos de la aparamenta que interviene en el circuito de fuerza.
- Alguno de los cables del circuito de fuerza.



↑ Detalle de los puntos de comprobación.

Ejemplo 2. Al accionar el pulsador de macha el contactor no se activa

Lo que se puede descartar:

- Que el fallo esté el circuito de fuerza, ya que lo que no funciona el mando que alimenta la bobina del contactor. No se descarta que también hubiera un problema en este circuito, pero ese sería otro tipo de fallo (el del ejemplo1).

Por dónde buscar:

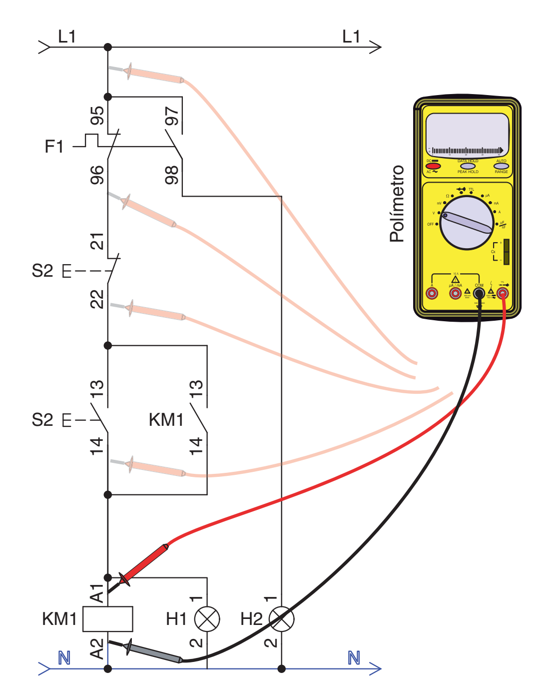
- Por el cableado, contactos auxiliares y elementos del circuito de mando.
- En la alimentación del circuito de mando.

Cómo proceder:

- Se conecta de forma fija uno de las puntas de prueba en el contacto A2 de la bobina del contactor y con la otra, se toca, aguas arriba, cada uno de los bornes que intervienen en la alimentación de este circuito (A1, 14 de KM1, 14 de S2, 22 de S1, etc). Si uno de ellos da tensión, el fallo está en elemento que se encuentra debajo de él en el esquema.

Lo que puede fallar:

- Cualquier contacto o cables que interviene en la activación de la bobina del contactor.
- El dispositivo de protección usado para el circuito de mando.



↑ Seguimiento de la tensión en el circuito de mando.

Ejemplo 3: El contactor solamente se activa mientras se mantiene accionado el pulsador de marcha. Cuando este se «suelta», el contactor se desactiva

Lo que se puede descartar:

- Que el fallo esté el circuito de fuerza

Por dónde buscar:

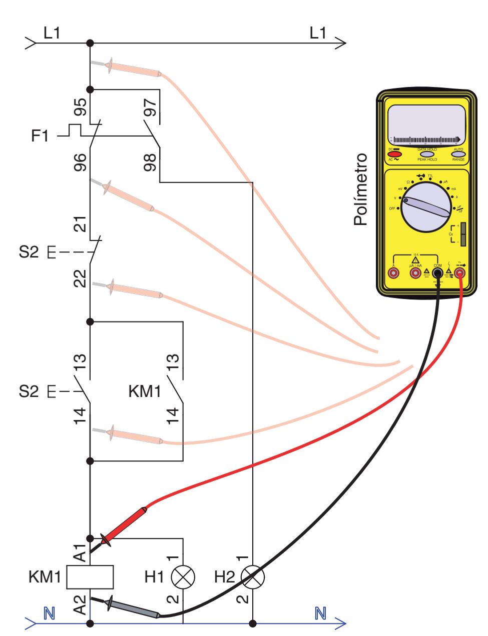
- Ya que la bobina se alimenta cuando el pulsador es accionado, parece claro que el problema se encuentra en el circuito de realimentación. Es decir, en el contacto auxiliar 13-14 de KM1 y los cables que lo conectan.

Cómo proceder:

- Con la alimentación desconectada, se comprueba manualmente si alguno de los cables del contacto se ha soltado o hace mala conexión.
- Si la conexión de los cables es correcta, y siguiendo con la alimentación desconectada, se conmuta el selector a la posición de ohmios y se comprueba la continuidad del contacto.

Lo que puede fallar:

- Los cables que unen el contacto auxiliar con el pulsador.
- El propio contacto de realimentación que esté sucio, deteriorado o bloqueado.



↑ Comprobación de continuidad del contacto de realimentación.

Ejemplo 4: Al accionar el botón de test del relé térmico el contactor se desactiva pero no se enciende la lámpara de señalización

Lo que se puede descartar:

- Que el fallo esté el circuito de fuerza.
- Que el fallo se encuentre en otra parte del circuito de mando que no sea la que alimenta la lámpara de señalización.

Por donde buscar:

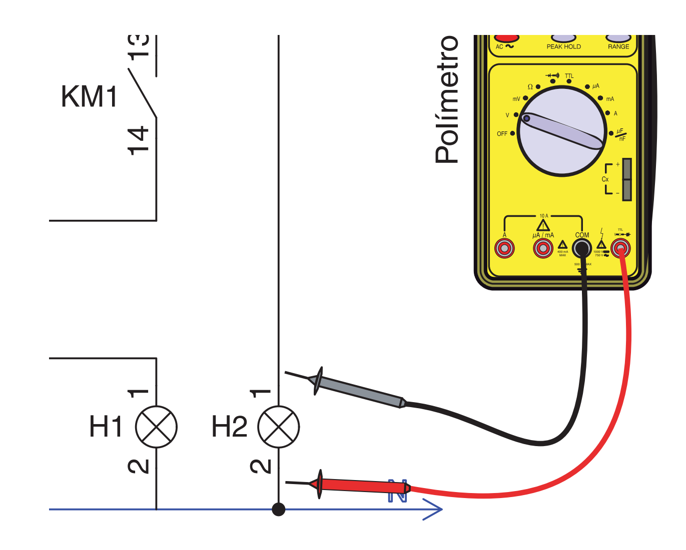
- Por el circuito que alimenta la lámpara de señalización desde el borne 97 del relé térmico, hasta el borne 2 de H2.

Cómo proceder:

- Se acciona el botón de test del relé térmico y se comprueba si hay tensión en los bornes de la lámpara de señalización. Si hay, es que la lámpara se ha fundido. Si no hay tensión, el fallo puede ser de alguno de los cables que alimentan dicha lámpara o del contacto NO (97-98) del propio relé térmico.
- Sin alimentación en el circuito de mando y con el polímetro en la posición de ohmios, se comprueba la continuidad del contacto auxiliar del relé térmico, después de pulsar el botón de Test.

Lo que puede fallar:

- La propia lámpara de señalización o el portalámparas.
- Los cables que la alimentan.
- El contacto auxiliar NO del relé térmico.
- Los cables que unen este contacto con el circuito de mando.



↑ Comprobación de continuidad en bornes del contacto auxiliar del relé térmico.

SOLUCIONES

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

UNIDAD 1

1. c.
2. c.
3. a.
4. b.
5. b.

UNIDAD 2

1. c.
2. Una roedora.
3. Un punzón, una corona o una broca escalonada.
4. d.
5. Una escuadra con inglete.
6. Verdadero.
7. Machos; bandeador.
8. b.
9. Ponerte guantes y gafas protectoras.

UNIDAD 3

1. b y c.
2. Paralelo.
3. Cilíndricos, NH y Diazed.
4. b.
5. Falso.
6. Un amperímetro.
7. c.

UNIDAD 4

1. b y c.
2. b.
3. d.
4. b.
5. c.
6. a.
7. a.
8. b.

UNIDAD 5

1. La bobina, el circuito magnético y los contactos.
2. Falso.
3. A1 y A2.
4. S, S, B, H, KT, KA y KM.
5. Falso.
6. A la conexión y a la desconexión.
7. a y d.
8. Positiva.

UNIDAD 6

1. c.
2. Página; pulsador; numero de orden del elemento en el esquema.
3. Cerrado; serie.
4. b.
5. Cerrado; serie.
6. Un transformador de mando.
7. Verdadero.

UNIDAD 7

1. c.
2. Falso.
3. De rotor bobinado.
4. Part Winding.
5. Falso.
6. N= 60·(f/p).
7. 3.000rpm; 1.000rpm.
8. 3.600rpm; 900rpm.
9. a.

UNIDAD 8

1. Que es el cable número 40 y está en la página 3.
2. b.
3. c.
4. a) que pertenece al contactor KM4; b)que está en la hoja 20, columna 4.
5. Directas e inversas.
6. b.
7. b.

UNIDAD 9

1. b.
2. c.
3. a.
4. b.
5. b.
6. b.
7. b.
8. a.

UNIDAD 10

1. c.
2. d.
3. IL; LD.
4. a.
5. c.
6. b.
7. Activar; Desactivar.

UNIDAD 11

1. Para hacer que el operario no pueda realizar otra operación en la puesta en marcha de una máquina.
2. b.
3. En que se duplican los dispositivos.
4. a.
5. El tamaño mínimo de un objeto que es detectado por la barrera.
6. b.
7. d.
8. Su contactos están acoplados mecánicamente.